



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE
DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA**

Josué Daniel Chanchavac Juárez

Asesorado por el Ing. César Augusto Akú Castillo

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE
DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSUÉ DANIEL CHANCHAVAC JUÁREZ
ASESORADO POR EL ING. CESAR AUGUSTO AKÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

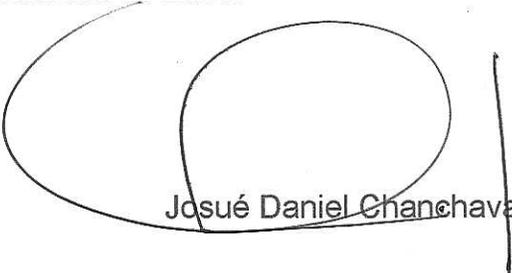
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería, en noviembre de 2009.



Josué Daniel Chanchavac Juárez

Guatemala, 26 de enero de 2011

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Mecánica Industrial
Facultad de ingeniería USAC

Señor Director:

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación del estudiante Josué Daniel Chanchavac Juárez con carne 2003-12399, previo a obtener el título de ingeniero Industrial. El trabajo en mención se titula: **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA.**

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela y para los efectos correspondientes, me suscribo de usted.

Atentamente


Ing. César Augusto Akú Castillo
Asesor

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073



REF.REV.EMI.079.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA**, presentado por el estudiante universitario **Josué Daniel Chanchavac Juárez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mónica Arroyave'.

MONICA ARROYAVE DE VELASQUEZ
LIC. EN PSICOLOGIA
COLEGIADO 4596

Licda. Mónica Lissette Arroyave Kuhn
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

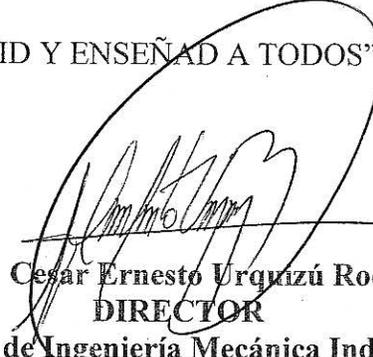
Guatemala, mayo de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA**, presentado por el estudiante universitario **Josué Daniel Chanchavac Juárez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp



DTG. 462.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS PARA LA MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN UNA INDUSTRIA AVÍCOLA**, presentado por el estudiante universitario **Josué Daniel Chanchavac Juárez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de septiembre de 2012.

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por ser fiel durante toda mi vida, dándome salud, sabiduría y fuerzas para alcanzar una meta tan esperada y soñada.
- Mi madre** Julia Juárez, por apoyarme, por ser el motivo y principal inspiración para alcanzar esta meta y por guiarme siempre con amor y sabiduría.
- Mis hermanos** Gracias por su apoyo y ejemplo de esfuerzo y dedicación, por los momentos difíciles que vivimos y estuvimos siempre unidos.
- Mis amigos** Por ser apoyo esencial durante y después de los años de universidad y quienes siempre estuvieron en los momentos buenos y difíciles.
- Mi asesor** Ing. César Augusto Akú Castillo por su orientación a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Datos generales de la empresa.....	1
1.1.1. Breve historia de la empresa.....	1
1.1.2. Actividad comercial.....	2
1.2. Organización de la empresa	3
1.2.1. Misión	3
1.2.2. Visión.....	3
1.2.3. Valores	4
1.2.4. Organigrama.....	4
1.2.5. Descripción del puesto	5
1.2.6. Productos procesados	11
1.2.7. Proceso productivo	11
1.3. Teoría de colas.....	13
1.3.1. Líneas de espera.....	13
1.3.1.1. Longitud de la línea de espera	13
1.3.1.2. Promedio del tiempo de espera.....	13
1.3.1.3. Llegadas en la cola.....	14
1.3.2. Costos de servicio y costos de espera	14

1.3.3.	Áreas de aplicación de la teoría de colas.....	15
1.3.4.	Elementos importantes de una línea de espera ...	15
1.3.4.1.	Arribos o ingresos al sistema	15
1.3.4.1.1.	Características principales.....	15
1.3.4.1.2.	Comportamiento de los arribos	16
1.3.4.1.3.	Aplicación de la distribución de Poisson	16
1.3.4.2.	Disciplina de la cola	16
1.3.4.3.	Servicio	17
1.3.4.3.1.	Configuración del sistema de servicio..	17
1.3.4.3.2.	El patrón de tiempos de servicio.....	19
1.3.5.	Factores a evaluar en los modelos de colas	19
1.3.6.	Notación de los modelos de colas.....	20
1.3.7.	Modelos de colas	21
1.3.8.	Fórmulas para la teoría de colas	24
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE DESPACHO	29
2.1.	Organigrama del Departamento de Despacho.....	29
2.2.	Programas de trabajo.....	30
2.2.1.	Programación de distribución del producto en los camiones	30
2.2.2.	Programación de distribución de camiones por línea	32
2.3.	Verificación de pedidos	33

2.3.1.	Informe de ventas.....	33
2.3.2.	Inventario de productos	33
2.3.3.	Diferencias entre el informe de ventas y el inventario de producto	34
2.4.	Diagramas de procesos.....	34
2.4.1.	Proceso de preparación del producto.....	34
2.4.2.	Proceso de carga	35
2.5.	Diagramas de flujo.....	36
2.6.	Situación técnica	38
2.6.1.	Dimensiones del área de despacho	38
2.6.2.	Distribución física	39
2.6.3.	Iluminación	39
2.7.	Equipo utilizado	41
2.7.1.	Equipo de protección personal	41
2.7.2.	Equipo de carga	42
2.8.	Medición de tiempos muertos en el proceso de despacho....	42
2.9.	Medición de la capacidad instalada actual del departamento	43
2.10.	Estimación de costos actuales de operación.....	47
2.11.	Limitantes	49
2.11.1.	Internas	50
2.11.2.	Externas	50
3.	DESARROLLO DEL SISTEMA DE COLAS ÓPTIMO	51
3.1.	Análisis del sistema de colas.....	51
3.1.1.	Características de arribo de clientes al sistema..	51
3.1.1.1.	Determinación del tamaño de la población del sistema.....	51

3.1.1.2.	Número de clientes que llegan al sistema por unidad de tiempo	52
3.1.1.3.	Comportamiento de las llegadas de los clientes al sistema	53
3.1.2.	Tamaño de la cola de espera.....	54
3.1.3.	Servicio	54
3.1.3.1.	Configuración del sistema de servicio.....	54
3.1.3.2.	Distribución del tiempo de servicio para cada cliente.....	55
3.1.4.	Determinación de factores en el sistema de colas.....	57
3.1.4.1.	Medición del tiempo promedio que cada cliente permanece en cola	59
3.1.4.2.	Longitud de la cola promedio	60
3.1.4.3.	Medición del tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema.....	60
3.1.4.4.	Determinación del número de clientes promedio en el sistema	61
3.1.4.5.	Probabilidad de que el servicio se quede sin clientes en espera....	62
3.1.4.6.	Factor de utilización del sistema ...	62
3.1.4.7.	Probabilidad de un número específico de clientes en el sistema.....	63

3.1.4.8.	Análisis de medidas de desempeño con varios servidores	65
3.1.4.9.	Determinación del número óptimo de servidores.....	66
3.1.4.10.	Descripción de puestos	69
3.1.4.11.	Estimación de costos de operación con el sistema de colas	72
3.1.4.12.	Cálculo de la capacidad instalada con el modelo de colas propuesto .	72
3.1.4.13.	Relación entre la capacidad instalada y la demanda.....	73
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE COLAS	77
4.1.	Recursos necesarios para implementar la propuesta.....	77
4.1.1.	Recursos técnicos	77
4.1.1.1.	Equipo necesario para la implementación de modelo de colas	77
4.1.1.2.	Infraestructura	78
4.1.1.3.	Dimensiones necesarias del área de despacho.....	79
4.1.1.4.	Iluminación necesaria.....	79
4.1.1.5.	Ventilación óptima	83
4.1.1.6.	Equipo de protección personal necesario.....	83
4.1.2.	Recursos económicos	86
4.1.3.	Recurso humano	87

4.1.3.1.	Cantidad de recurso humano necesario	87
4.1.3.2.	Asignación de responsabilidades..	89
4.1.3.3.	Diagrama de los servidores	89
4.1.3.4.	Inducción y capacitación al puesto de trabajo	91
4.1.4.	Hojas de control y registros del proceso de despacho	91
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA.....	93
5.1.	Verificación del desempeño del modelo.....	93
5.1.1.	Definición de indicadores de productividad del modelo	93
5.1.2.	Auditoria al cumplimiento del proceso de despacho	94
5.1.3.	Auditoria de los controles del proceso	94
5.1.4.	Análisis del resultado de las auditorias	94
5.1.5.	Cumplimiento del balance entre la capacidad instalada y la demanda	95
5.2.	Acciones correctivas	95
5.2.1.	Definición de acciones correctivas a tomar	95
5.3.	Acciones preventivas	95
5.4.	Propuestas de mejora del sistema de colas.....	96
5.4.1.	Lluvia de ideas	96
5.4.2.	Diagramas de pescado	97
	CONCLUSIONES.....	101
	RECOMENDACIONES	103

BIBLIOGRAFÍA..... 105
APÉNDICE..... 107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Logotipo FRISA.....	1
2.	Pollo beneficiado.....	2
3.	Organigrama de la dirección de manufactura	5
4.	Diagrama del proceso productivo del beneficio de aves	12
5.	Equilibrio entre costos de espera y costos de servicio.....	14
6.	Sistema de un canal, una fase	18
7.	Sistema de un canal, Multifase	18
8.	Sistema multicanal, Multifase.....	19
9.	Modelos de colas y sus características.....	24
10.	Modelo A: sistema simple O M/M/1.....	25
11.	Modelo B: sistema multicanal O M/M/S	26
12.	Modelo C: servicio constante o modelo M/D/1	27
13.	Modelo D: población limitada	27
14.	Organigrama de departamento de despacho.....	29
15.	Formato de distribución de carga.....	31
16.	Formato de la programación de líneas de carga.....	32
17.	Proceso de preparación de carga	35
18.	Esquema del proceso de carga.....	36
19.	Diagrama de flujo del proceso de despacho	37
20.	Esquema del área de despacho y dimensión.....	38
21.	Distribución del área de despacho y servidores.....	39
22.	Distribución de luminarias en el área de carga	40
23.	Reflector de alta luminosidad.....	41

24.	Costo total.....	48
25.	Configuración del sistema de colas actual.....	55
26.	Probabilidad de que el sistema este vacío.....	58
27.	Fórmula de tiempo promedio de espera en cola.....	59
28.	Longitud media de cola.....	60
29.	Tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema.....	61
30.	Clientes en el sistema.....	62
31.	Factor de utilización.....	63
32.	Distribución de Poisson	64
33.	Distribución de Poisson teórica para $\lambda=5,12$	65
34.	Gráfico de la demanda versus la capacidad instalada.....	75
35.	Niveles adecuados de iluminación según tareas realizadas.....	81
36.	Clasificación de edificios.....	82
37.	Vista frontal de la nave (área de despacho)	82
38.	Uso adecuado de la mascarilla.....	84
39.	Uso adecuado de la redecilla.....	84
40.	Colocación de guantes	85
41.	Botas de protección	85
42.	Abrigo de protección al frio	86
43.	Recurso humano involucrado directamente en el servidor	88
44.	Diagrama de la operación de los servidores.....	90
45.	Hoja de control de carga.....	92

TABLAS

I.	Descripción del puesto Director Industrial.....	6
II.	Descripción del puesto Gerente de Producción.....	6
III.	Descripción del puesto Supervisor de Operaciones.....	7
IV.	Descripción del puesto Gerente de Operaciones.....	7

V.	Descripción del puesto Jefe de Operaciones.....	8
VI.	Descripción del puesto Supervisor de Operaciones.....	8
VII.	Descripción del puesto Personal Operativo.....	9
VIII.	Descripción del puesto Gerente de Control de Calidad.....	9
IX.	Descripción del puesto Supervisor de Control de Calidad.....	10
X.	Descripción del puesto Inspector de Control de Calidad.....	10
XI.	Registro de paros en el área de despacho.....	43
XII.	Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 1, 02/12/2009.	44
XIII.	Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 2, 02/12/2009.	45
XIV.	Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 3, 02/12/2009	46
XV.	Capacidad instalada total.....	47
XVI.	Costo de un servidor/hora.....	49
XVII.	Resumen de tasas promedio de llegadas de clientes al sistema...	53
XXVIII.	Registro de tiempos de servicio en línea 1.....	56
XIX.	Registro de tiempos de servicio en línea 2.....	56
XX.	Registro de tiempos de servicio en línea 3.....	57
XXI.	Probabilidad de x arribos/unidad de tiempo.....	64
XXII.	Desempeño del sistema con varios servidores.....	66
XXIII.	Costo total para 3 servidores.....	66
XXIV.	Costo total para 4 servidores.....	67
XXV.	Costo total para 5 servidores.....	67
XXVI.	Costo total para 6 servidores.....	68
XXVII.	Resumen de costos totales con varios servidores.....	68
XXVIII.	Descripción de puesto encargado de línea de despacho.....	70
XXIX.	Descripción de puestos pesador.....	70
XXX.	Descripción de puestos receptor.....	71
XXXI.	Descripción de puestos de verificador.....	71
XXXII.	Descripción de puestos de jalador.....	72
XXXIII.	Comportamiento de la demanda de la capacidad instalada.....	74

XXXIV. Recursos económicos87
XXXV. Personal de línea de despacho..... 88

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ls	Cantidad de clientes en el sistema, en cola y siendo servidos.
Lq	Cantidad de clientes en cola esperando servicio.
e	Exponencial.
λ	Tasa media de llegadas por unidad de tiempo
μ	Tasa media de servicio por unidad de tiempo
Wq	Tiempo que un cliente permanece en cola esperando servicio.
Ws	Tiempo que un cliente permanece en el sistema, en cola y siendo servido.

GLOSARIO

Distribución de Poisson	Distribución de probabilidad discreta. Expresa la probabilidad de un número de eventos ocurriendo en un tiempo fijo si estos eventos ocurren con una tasa media conocida, y son independientes del tiempo desde el último evento.
Línea de espera multicanal	Línea de espera formada por dos o más canales o servidores que son idénticos en capacidad y servicio.
PEPS	Primero en entrar primero en salir.
SOP'S	Procedimientos estándares de operación.
Tamaño de cola de espera	Número de personas que se encuentran en la línea de espera.
Tasa media de llegadas	Número promedio de trabajos que llegan en un período determinado.
Teoría de colas	Estudio matemático de las líneas de espera.

RESUMEN

El trabajo de graduación cuyo nombre es Aplicación de teoría de colas para la mejora en el proceso de despacho de producto terminado en una industria avícola, incluye principios, técnicas, aplicaciones que ayudarán al Departamento de Operaciones para la optimización de la operación de despacho.

Se realizó un estudio de campo en el cual se determinó la situación del Departamento de Operaciones sin la propuesta, determinando así la capacidad de carga y recursos para llevar a cabo dicha operación.

Se respaldó la propuesta con el resultado del análisis de medidas de desempeño de ambas situaciones y un estudio económico que permita el planteamiento de una propuesta, para que la empresa en estudio aumente su capacidad de carga y disminuya los costos de carga.

En la parte final se muestran los recursos considerados necesarios para la implementación de la propuesta, recursos humanos, técnicos y materiales, además de la mejora continua, que comprende la medición de los resultados obtenidos para identificar oportunidades después de la implementación.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un sistema de colas que permita el balance entre la capacidad de las operaciones de despacho de una industria avícola y la demanda.

Específicos

1. Establecer la capacidad instalada actual y la capacidad instalada con el sistema de colas propuesto.
2. Determinar un modelo de colas acorde a la necesidad actual de la empresa.
3. Calcular la demanda que es capaz de satisfacer el sistema óptimo.
4. Realizar una comparación entre la estimación del costo actual de operación y la estimación del costo de operación con la propuesta de mejora.
5. Determinar las características técnicas, recursos humanos y económicos idóneos para el funcionamiento ideal del sistema de colas.

6. Asignar funciones específicas en la descripción de puestos del personal en los servidores para hacer más eficiente el proceso de carga de producto terminado.
7. Optimizar el proceso de despacho de producto terminado, para la reducción de peligros de contaminación y proponer mejoras para la reducción del tiempo de despacho.

INTRODUCCIÓN

Con frecuencia, las empresas se ven afectadas por las variaciones que sufre la demanda de los productos procesados. Un aumento en la demanda puede significar el crecimiento de la empresa, pero al mismo tiempo genera la necesidad de realizar cambios en sus operaciones cubrir la demanda, optimizar los costos y recursos.

El efecto negativo que tiene el aumento de la demanda de los productos procesados por la empresa, muestra claramente, el desequilibrio que existe entre la demanda del servicio y la capacidad de las operaciones que lo suministran. Para que las operaciones de despacho de producto terminado puedan satisfacer a la demanda del servicio prestado, requieren de un mayor consumo de recursos, por lo que el presente proyecto busca optimizar las operaciones de despacho mediante el estudio y aplicación de la Teoría de Colas.

El desarrollo de este proyecto inicia con el análisis y determinación de las características de la situación actual, mediante estudios de campo, entrevistas con el personal, revisión y consulta de la documentación de los procesos, diagramas de operaciones de despacho e información de registros. Es así, que dichos datos servirán de herramienta para determinar las deficiencias, los costos y establecer todas sus características. Así también, con la guía de teoría de colas como herramienta se diseña un sistema óptimo con un número ideal de servidores que satisfagan la demanda del servicio de despacho, definiendo todos sus elementos y parámetros que lo conforman tomando en cuenta la reducción de costos y otros recursos utilizados.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Datos generales de la empresa

Es importante conocer aspectos generales de la empresa tales como la historia y su actividad comercial, los cuales ayudaran a entender mejor el campo de aplicación de la teoría de colas.

1.1.1. Breve historia de la empresa

Frigoríficos de Guatemala fue fundada en 1953 por el cubano radicado en Guatemala, Domingo Alejandro Moreira Martínez. Frisa fue una de las empresas pioneras que incursionó en la comercialización de pollo beneficiado, alcanzando el éxito en el mercado de alimentos rápidamente.

Figura 1. Logotipo FRISA



Fuente: documentación interna FRISA, 2009.

Los productos comercializados por la empresa tuvieron una rápida aceptación en el mercado y sus ventas crecieron en poco tiempo, gracias a la calidad de sus productos y a la demanda del mercado. En poco tiempo la empresa decide invertir en maquinaria más sofisticada, ampliar sus espacios y aumentar su recurso humano para lograr cubrir la demanda y seguir con el crecimiento constante.

EL éxito de la empresa se tradujo en desarrollo para el país al generar puestos de trabajo para los guatemaltecos e impulsar la productividad.

Figura 2. **Pollo beneficiado**



Fuente: documentación interna FRISA, 2009.

1.1.2. Actividad comercial

La empresa se dedica al beneficio y comercialización de pollo, del cual también surge una gran variedad de subproductos que logran satisfacer las exigencias del mercado nacional y extranjero. Hoy en día la empresa se ha diversificado, incursionando en nuevos sectores del mercado, por ejemplo en el procesamiento y comercialización de carne de cerdo, camarón y otros.

1.2. Organización de la empresa

Toda la organización trabaja con base a una misión, visión y valores que motivan a los integrantes a trabajar por una misma meta. Gran parte del éxito de la organización es haber logrado que cada miembro comparta la visión.

1.2.1. Misión

La misión es la definición específica de lo que la empresa es, de lo que la empresa hace (a qué se dedica) y a quién sirve con su funcionamiento.

Misión de Frigoríficos de Guatemala

“Somos una empresa que provee alimentación nutritiva.

Estamos comprometidos con el grupo de colaboradores, a quienes proveemos bienestar; con nuestros clientes y consumidores a los que brindamos servicio y bienes de calidad; con los accionistas, a quienes les generamos la utilidad esperada.

Operamos responsablemente, con la sociedad y su entorno, a la cual retribuimos con desarrollo la oportunidad que nos brinda”.

1.2.2. Visión

Es la definición de lo que la empresa quiere ser en un futuro (hacia dónde quiere llegar). Recoge las metas y logros planteados por las organizaciones

La visión de Frigoríficos de Guatemala.

“Crecer inteligentemente, consolidarnos y diversificarnos”.

1.2.3. Valores

Los valores son las bases con las cuales se toman las decisiones.

Dentro de los valores de Frigoríficos de Guatemala se encuentran:

Calidad: hacer las cosas bien desde la primera vez.

Lealtad: para con la corporación, Jefes y compañeros dentro y fuera de la organización.

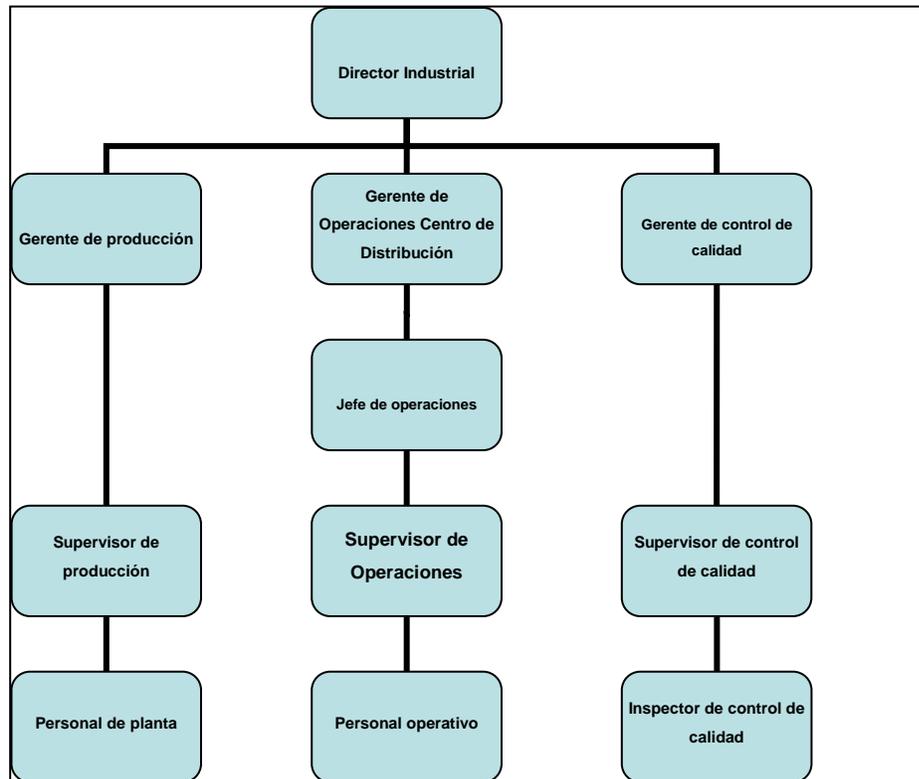
Servicio: estar siempre dispuestos a servir a nuestros clientes y a nuestros compañeros de trabajo.

Responsabilidad: cumplir en cada una de las tareas asignadas, en el tiempo establecido y haciendo uso responsable de los recursos de la empresa.

1.2.4. Organigrama

Por efectos de estudio, el diagrama presentado en la figura 3 representa directamente la estructura de la dirección de manufactura dentro de la cual se encuentra incluido las operaciones de despacho y es en el cual se centra el estudio. La información de la figura 3 fue proporcionada por el jefe de operaciones.

Figura 3. **Organigrama de la dirección de manufactura**



Fuente: elaboración propia.

1.2.5. Descripción del puesto

A continuación se presentan las tablas enumeradas de la I a la X en donde se describe cada uno de los puestos que aparecen en el organigrama de la figura 3.

La información de cada uno de los puestos fue obtenida de la documentación interna de la empresa, del Departamento de Recursos Humanos y busca definir claramente la responsabilidad y autoridad de cada uno de los puestos.

Tabla I. **Descripción del puesto Director Industrial**

Puesto	Director industrial
Responsabilidad	Supervisar todas las áreas para conocer las necesidades de la empresa y tomar decisiones inteligentes que mejoren la situación de esta. Representación de la empresa.
Autoridad	Para realizar cambios estratégicos de personal y autorización del uso de recursos para el cumplimiento de objetivos.
Nivel académico	Ingeniero industrial con maestría en administración industrial.

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Descripción del puesto Gerente de Producción**

Puesto	Gerente de producción
Responsabilidad	Hacerse cargo de todos los procesos productivos para lograr la eficiencia en los procesos y obtener producto de calidad.
Autoridad	Aprobar o cambiar los diferentes programas de producción, realizar cambios entre líneas de producción para hacer eficientes las mismas.
Nivel académico	Ingeniero químico y/o industrial con experiencia en procesos productivos a nivel gerencias.

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Descripción del puesto Supervisor de Producción**

Puesto	Supervisor de producción
Responsabilidad	Verificar el cumplimiento de los programas de producción y coordinar cada uno de los recursos involucrados, reportar al gerente de producción.
Autoridad	Realizar cambios entre líneas y aprobar los reportes de producción.
Nivel académico	Pensum cerrado de ingeniería química y/o industrial, con experiencia en procesos productivos a nivel de jefatura.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Descripción del puesto Gerente de Operaciones**

Puesto	Gerente de operaciones
Responsabilidad	Encargado de administrar los recursos del Departamento de Operaciones, realizar informes, presentación de indicadores, emisión de la información de los departamentos con los que se interrelacionan, Ajustar el tiempo de las operaciones.
Autoridad	Aprobación de recursos, Responsable del uso adecuado de los recursos, cumplimiento de metas, autorizar las cambios en la programación de carga.
Nivel académico	Ingeniero Industrial

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Descripción del puesto Jefe de Operaciones**

Puesto	Jefe de operaciones
Funciones	Reportar al Gerente de operaciones, cumplir las órdenes del gerente de operaciones, dirigir las actividades operativas del departamento, implementación de nuevos métodos y supervisión del recurso humano operativo
Autoridad	Para aprobar programas de carga, coordinación de las actividades, solución de problemas en el turno y verificación de las operaciones en general.
Nivel académico	Ingeniero Industrial

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Descripción del puesto Supervisor de Operaciones**

Puesto	Supervisor de operaciones
Funciones	Encargado de la verificación directa del cumplimiento de las operaciones de despacho, implementación de nuevos métodos y supervisión del recurso humano operativo del departamento, medición de tiempos de carga, coordinación del personal.
Autoridad	Cambios del personal entre líneas de despacho, autorización para dar permisos de trabajo.
Nivel académico	Estudiante del cuarto año de ingeniería

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Descripción del puesto Personal Operativo**

Puesto	Personal operativo
Funciones	Previa selección del producto en bodegas frías, distribución del producto entre líneas de despacho y carga del producto en los vehículos.
Autoridad	N/A
Nivel académico	Bachiller

Fuente: elaboración propia

Tabla VIII. **Descripción del puesto Gerente de Control de Calidad**

Puesto	Gerente de control de calidad
Funciones	Coordinar todas las actividades de control de calidad, personal del departamento, implementación de controles, interpretación de registros, creación de especificaciones y propuesta de acciones correctivas y preventivas.
Autoridad	Para manejo adecuado del producto no conforme, liberación de producto, autoridad para llevar a cabo cualquier muestreo en el producto.
Nivel académico	Ingeniero químico y/o industrial

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Descripción del puesto Supervisor de Control de Calidad**

Puesto	Supervisor de control de calidad
Funciones	Verificar el cumplimiento de las actividades de los inspectores de control de calidad y de las acciones correctivas. Interpretación de datos y actualización de especificaciones.
Autoridad	Autorización para mejoras en el sistema de control de calidad, aprobación de resultados en muestreo.
Nivel académico	Pensum cerrado de ingeniería industrial

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Descripción del puesto Inspector de Control de Calidad**

Puesto	Inspector de control de calidad
Funciones	Inspección, verificación y control del producto.
Autoridad	Detener la operación de carga por no conformidades.
Nivel académico	Técnico en calidad, metrología

Fuente: elaboración propia.

1.2.6. Productos procesados

La empresa procesa una gran cantidad de productos utilizando como principal materia el pollo, esta gran variedad de producto puede clasificarse de la siguiente manera:

Pollo entero blanco: pollo beneficiado, de presencia color blanca y considerando uno de los productos con mayor aceptación en el mercado.

Pollo entero amarillo: pollo beneficiado de color amarillo y es considerado el producto con mayor aceptación en el mercado y se encuentra en diferentes presentaciones de empaque para cualquier gusto.

Pollo en partes: considerado subproducto y es comercializado en diferentes presentaciones, en bolsas de diferentes estilos y libraje para el alcance de todos.

Partes de pollo

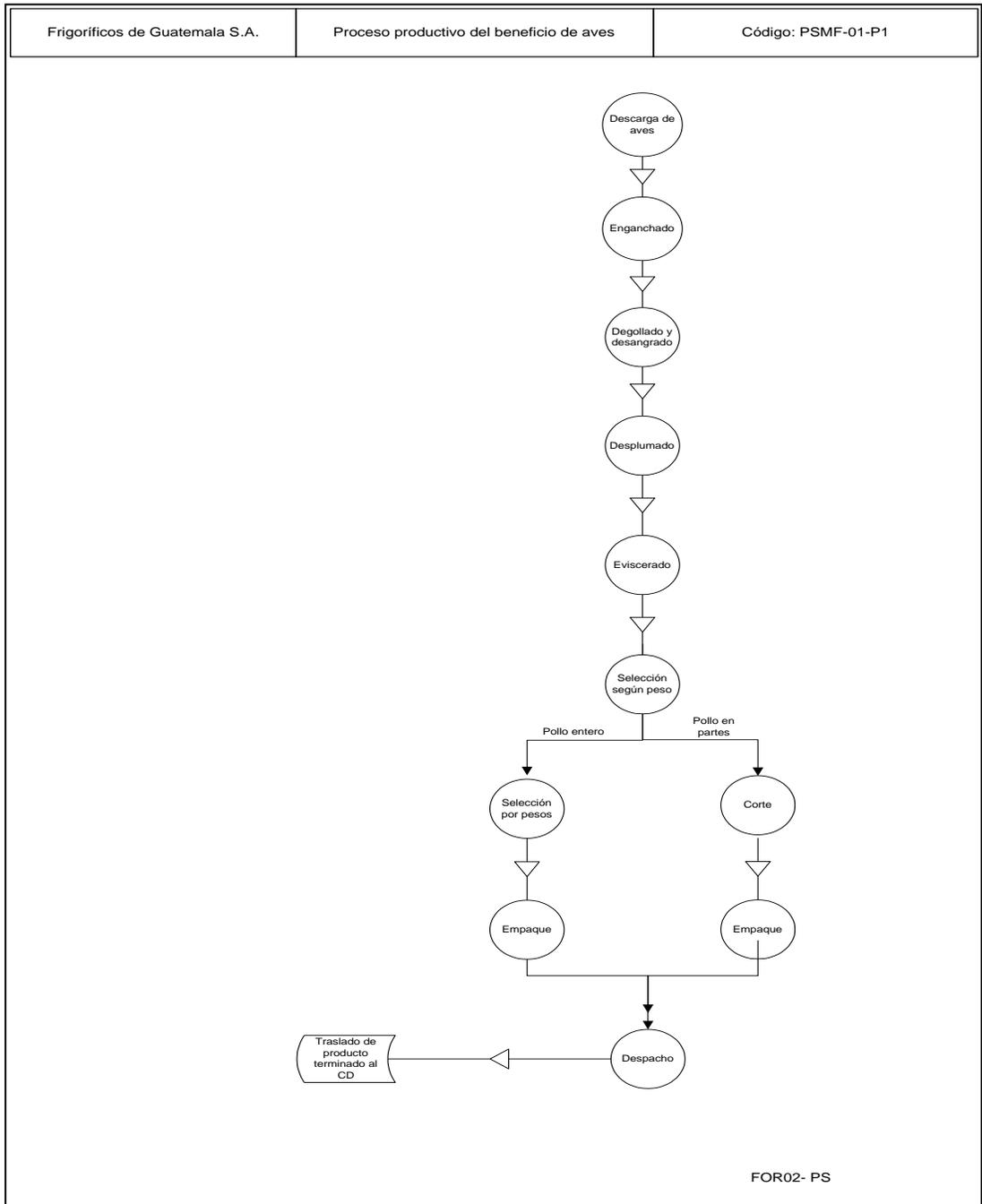
Especialidades: (medallones, pechuguitas rostizadas, empanizados etc.).

Embutidos: subproducto que cada día crece su demanda en el mercado.

1.2.7. Proceso productivo

El proceso productivo del beneficio de aves está formado por varias etapas, las cuales se encuentran documentadas en los procedimientos estándares de operación (SOP'S) y se presenta en la figura 4. La información de la figura 4 fue obtenida de la documentación interna del departamento de calidad.

Figura 4. Diagrama del proceso productivo del beneficio de aves



Fuente: elaboración propia.

1.3. Teoría de colas

La teoría de colas es el estudio matemático de las líneas de espera o colas dentro de una red de comunicaciones. Su objetivo principal es el análisis de varios procesos, tales como la llegada de los datos al final de la cola, la espera en la cola, entre otros.

1.3.1. Líneas de espera

Las líneas de espera son más conocidas como colas y es el factor sobre el cual se centra el estudio de la teoría de colas por lo mismo es importante conocer cada una de las características que la forman y la definen.

1.3.1.1. Longitud de la línea de espera

La longitud de una línea de espera es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser servidos), esta puede suponerse finita o infinita. Lo más sencillo, a efectos de simplicidad en los cálculos, es suponerla infinita aunque es obvio que en la mayor parte de los casos reales la capacidad de la cola es finita. No es una gran restricción el suponerla infinita en el caso de que sea extremadamente improbable que no puedan entrar clientes a la cola por haberse llegado a ese número límite en la misma.

1.3.1.2. Promedio del tiempo de espera

Es el tiempo promedio que transcurre para que un cliente pueda ser atendido por un servidor del sistema, este tiempo es considerado desde que el cliente entra al sistema (cola) hasta que es atendido.

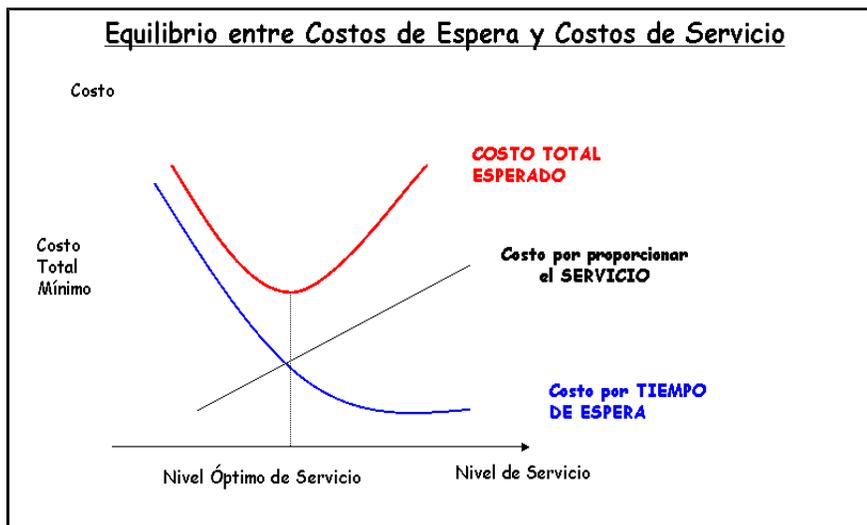
1.3.1.3. Llegadas en la cola

Las llegadas en la cola es igual al número de llegadas o arribos de clientes a la cola y su comportamiento puede variar dependiendo del tipo de servicio que se brinde o entorno en el que se desenvuelve el sistema.

1.3.2. Costos de servicio y costos de espera

Los costos que se generan por la espera de un cliente en el sistema y/o por dar el servicio son las principales causas para la mejora o aplicación de un óptimo sistema de colas, el cual ayuda a reducir ambos costos y mantener un equilibrio como lo muestra la figura 5 que se obtuvo del trabajo de graduación Teoría de colas.

Figura 5. Equilibrio entre costos de espera y costos de servicio



Fuente: ANDRADE, Iván. Trabajo de Graduación Teoría de colas, 2003.

1.3.3. Áreas de aplicación de la teoría de colas

La teoría de colas tiene un amplio campo o áreas de aplicación de las cuales se pueden mencionar, el área de la logística de los procesos industriales de producción, ingeniería de redes y servicios, ingeniería de sistemas informáticos, elaboración de proyectos sustentables, despachos de productos, etc.

1.3.4. Elementos importantes de una línea de espera

Para analizar una línea de espera es necesario determinar todos los elementos que la componen, los más importantes son el arribo o ingreso al sistema, la disciplina de la cola, el tipo de servicio y el patrón de tiempos de servicio.

1.3.4.1. Arribos o ingresos al sistema

Los arribos al sistema determinan las llegadas de los clientes al sistema en cuanto al orden y número de los arribos. Determinar esta variable implica hacer un estudio de campo para observar cada llegada al sistema.

1.3.4.1.1. Características principales

Para la determinación de los arribos o ingresos de clientes al sistema es necesario analizar La fuente de ingreso que genera los arribos o clientes para el servicio, esta fuente tiene tres características principales:

- Tamaño de la población que arriba
- Patrón de llegada a la cola
- Comportamiento de las llegadas.

1.3.4.1.2. Comportamiento de los arribos

El comportamiento de los arribos de los clientes al sistema puede ser de la siguiente manera:

- Programada: se da cuando los clientes arriban a ser atendidos de una manera programada o constante (un paciente cada 15 minutos).
- Aleatoria: se consideran que los arribos son aleatorios cuando éstos son independientes de otros y su ocurrencia no puede ser predicha exactamente.

1.3.4.1.3. Aplicación de la distribución de Poisson

Esta distribución es aplicada muy frecuente en los problemas relacionados con la investigación operativa, sobre todo en el área de la gestión de colas. Suele describir, por ejemplo, la llegada de pacientes a un ambulatorio, las llamadas a una central telefónica, la llegada de coches a un túnel de lavado, etc. Todos estos casos pueden ser descritos por una variable aleatoria discreta que tiene valores no-negativos enteros.

1.3.4.2. Disciplina de la cola

Se refiere al orden mediante la cual los clientes reciben el servicio. La mayoría de los sistemas usan la regla Primero En Entrar Primero En Salir (*First In First Out*) [PEPS (*FIFO*)]. Se denomina también FIFS (*First In First Served*).

En las áreas de emergencia de hospitales, sin embargo, se omite esta regla dependiendo de la gravedad de las lesiones de las personas que arriban por auxilio médico.

En supermercados, personas con menos de 10 artículos tienen la caja exprés que atiende a este tipo de clientes. Pero en la cola se les atiende con la política PEPS.

1.3.4.3. Servicio

El servicio que se brinde al momento de atender clientes en un sistema determina el tiempo en que un cliente es atendido y el modo en que es seleccionado para ser atendido.

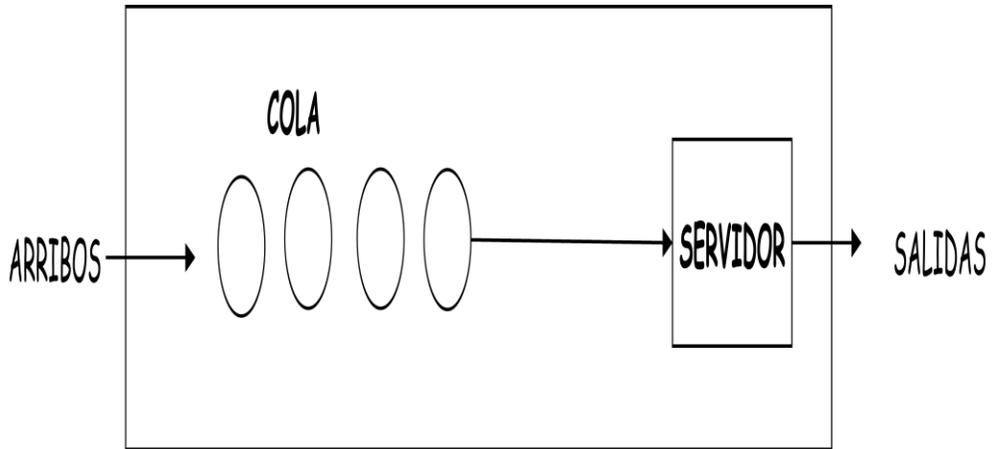
1.3.4.3.1. Configuración del sistema de servicio

Un sistema de colas puede tener diferentes configuraciones que se adaptaran al tipo de servicio que se brinda y busca optimizar el tiempo en que un cliente permanece dentro del sistema.

- Configuraciones básicas del sistema de servicio

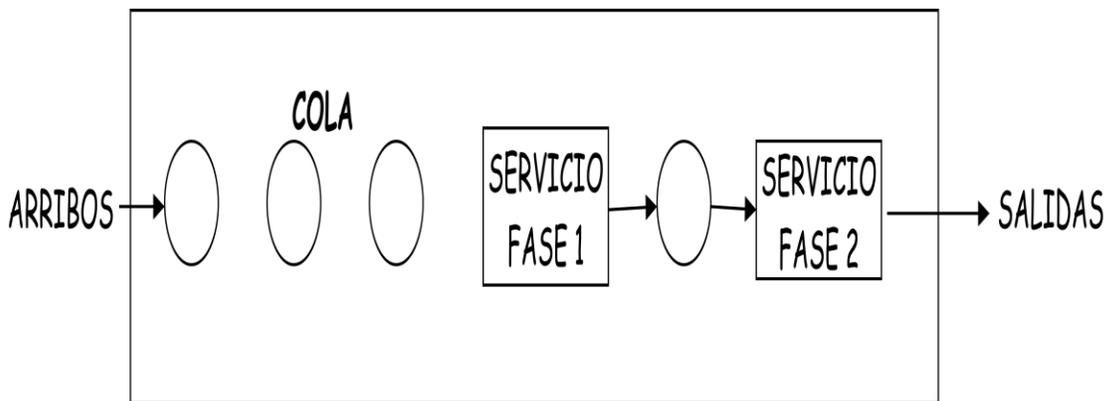
A continuación se muestran las configuraciones básicas de un sistema de colas tomado del trabajo de graduación titulado Teoría de colas tratando de identificar cada sistema posible que se puede modelar bajo esta teoría.

Figura 6. **Sistema de un canal, una fase**



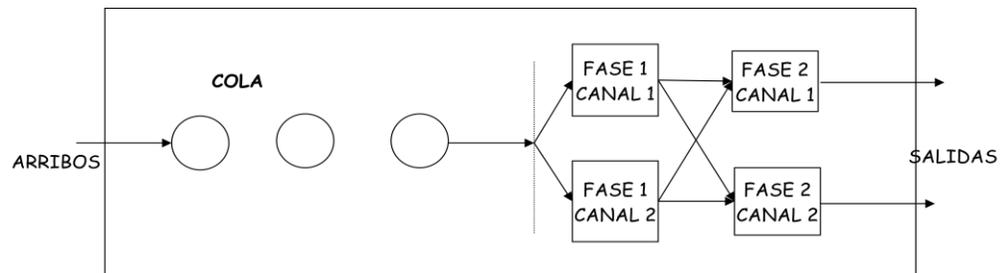
Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 25.

Figura 7. **Sistema de un canal, multifase**



Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 25.

Figura 8. **Sistema multicanal, multifase**



Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 26.

1.3.4.3.2. **El patrón de tiempos de servicio**

Los patrones de servicio son similares al comportamiento de los arribos. Pueden ser constantes o aleatorios.

Si el tiempo de servicio es constante, toma la misma cantidad de tiempo atender a cada cliente. Es común con servicios dados por medio de máquinas (lavadora automática de carros).

Si el tiempo de servicio es distribuido aleatoriamente – que es el caso más común – se lo representa por la distribución de probabilidad exponencial negativa de la forma $e^{-\mu x}$ para $x \geq 0$. Esta es una hipótesis matemática muy conveniente, cuando los arribos siguen la distribución de Poisson.

1.3.5. **Factores a evaluar en los modelos de colas**

Los principales factores que se evalúan en estos modelos son:

- Tiempo promedio que cada cliente u objeto permanece en la cola

- Longitud de cola promedio
- Tiempo promedio que cada cliente permanece en el sistema (tiempo de espera + tiempo de servicio)
- Número de clientes promedio en el sistema
- Probabilidad de que el servicio se quede vacío
- Factor de utilización del sistema
- Probabilidad de la presencia de un específico número de clientes en el sistema.

1.3.6. Notación de los modelos de colas

Reconociendo la diversidad de los sistemas de colas, Kendall (1953) propuso un sistema de notación para sistemas de servidores paralelos que ha sido adoptado universalmente.

Una versión resumida de esta convención está basada en el formato A/B/c/N/K. Estas letras representan las siguientes características del sistema:

A = Distribución de tiempo entre arribos

B = Distribución del tiempo de servicio

Los siguientes son símbolos comunes para A y B:

M = exponencial o Markov

D = constante o determinística

E_k = Erlang de orden k

P H = Tipo fase Hiperexponencial

G = Arbitrario o general

GI = General independiente

c = número de servidores paralelos

N = Capacidad del sistema

K = Tamaño de la población.

Por ejemplo: $M/M/1/\infty/\infty$ significa un solo servidor, capacidad de cola ilimitada y población infinita de arribos potenciales. Los tiempos entre arribos y los tiempos de servicio son distribuidos exponencialmente.

Cuando N y K son infinitos, pueden ser descartados de la notación. $M/M/1/\infty/\infty$ es reducido a $M/M/1$.

1.3.7. Modelos de colas

Existe una cantidad enorme de Modelos de Colas que pueden utilizarse. El estudio se va a concentrar en 4 de los modelos más usados. Modelos más complejos pueden ser desarrollados mediante el uso de la simulación y se los encuentra en textos especializados sobre el tema.

Los 4 modelos de colas a estudiar asumen:

- Arribos según la distribución de Poisson
- Disciplina PEPS
- Una sola fase de servicio

Modelo A: Un canal, arribos según la distribución de Poisson;
tiempos de servicio exponenciales

Modelo B: Multicanal

Modelo C: Tiempo de servicio constante

Modelo D: Población limitada

Modelo A: modelo de colas de un solo canal, con arribos que siguen la distribución de Poisson y tiempos de servicio exponenciales: (Modelo $M/M/1$)

Los casos más comunes de problemas de colas incluyen la línea de espera de canal único o servidor único. En este caso los arribos crean una sola cola a ser servida por una sola estación.

Se asume que existen las siguientes condiciones:

- Los clientes son servidos con una política PEPS y cada arribo espera a ser servido sin importar la longitud de la línea o cola.
- Los arribos son independientes de arribos anteriores, pero el promedio de arribos, no cambia con el tiempo.
- Los arribos son descritos mediante la distribución de probabilidad de Poisson y proceden de una población muy grande o infinita.
- Los tiempos de servicio varían de cliente a cliente y son independientes entre sí, pero su rata promedio es conocida.
- Los tiempos de servicio se representan mediante la distribución de probabilidad exponencial negativa.
- La rata de servicio es más rápida que la rata de arribo.

Modelo B: modelo de cola multicanal (M/M/S). Dos o más servidores o canales están disponibles para atender a los clientes que arriban.

Los clientes forman una sola cola y se los atiende de acuerdo al servidor que queda libre.

Los arribos siguen la distribución de probabilidad de Poisson y los tiempos de servicio son distribuidos exponencialmente.

Los servicios se los hace de acuerdo a la política primero en llegar primero en ser servido (PEPS) y todos los servidores atienden a la misma rata.

Modelo C: modelo de tiempo de servicio constante (M/D/1). Algunos sistemas tienen tiempos de servicio constantes en lugar de exponencialmente distribuidos. Cuando los clientes son atendidos o equipos son procesados con un ciclo fijo como es el caso de una lavadora de carros automatizada o ciertos entretenimientos en los parques de diversiones, el asumir servicio constante es adecuado.

Modelo D: modelo de población limitada. Este modelo puede ser usado cuando se consideran reparaciones de equipo en una fábrica que tiene 5 máquinas. Este modelo permite cualquier número de reparadores a ser considerados.

La razón por la cual este modelo difiere de los otros tres es que ahora hay una relación de dependencia entre la longitud de la cola y la tasa de arribo. La situación extrema sería si en la fábrica tenemos 5 máquinas, todas se han dañado y necesitan reparación; siendo en este caso la tasa de arribo cero. En general, si la línea de espera crece, la tasa de llegada tiende a cero. A continuación se presenta la figura 9, que presenta la clasificación de los modelos de colas junto con sus características importantes que son necesarias al momento de establecer el rendimiento del modelo actual. El uso de cada uno de los modelos dependerá del tipo de servicio que se brinda y del comportamiento del entorno en donde se desenvuelve a manera de siempre satisfacer la demanda del servicio.

Figura 9. Modelos de colas y sus características

MOD	NOMBRE	N° DE CANAL	N° DE FASE	PATRÓN DE ARRIBO	PATRÓN DE SERVICIO	TAMAÑO DE LA POBLACIÓN	DISCIP DE COLA
A	SIMPLE M/M/1	UNO	UNA	POISSON	EXPONENC	INFINITA	PEPS
B	MULTI-CANAL M/M/S	MULTI CANAL	UNA	POISSON	EXPONENC	INFINITA	PEPS
C	SERVICIO CONSTANTE (M/D/1)	UNO	UNA	POISSON	CONSTANT	INFINITA	PEPS
D	POBLACION N LIMITADA	UNO	UNA	POISSON	EXPONENC	FINITA	PEPS

Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 32.

1.3.8. Fórmulas para la teoría de colas

A continuación se presentan las fórmulas necesarias para calcular cada una de las variables necesarias que intervienen en un sistema de colas según el modelo presentado por Iván Andrade en sus trabajo de graduación Teoría de colas (2001).

Figura 10. **Modelo A: sistema simple O M/M/1**

F
λ = Número promedio de arribos por período de tiempo μ = Número promedio de gente o cosas servidos por período de tiempo n = número de unidades en el sistema L_s = Número promedio de unidades (clientes) en el sistema $L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$ ρ = Factor de utilización del sistema = $\frac{\lambda}{\mu}$ W_s = Tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema = (tiempo de espera + tiempo de servicio) $W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ L_q = Número promedio de unidades en la cola = $\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \rho * L_s$ $W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \rho * W_s$ P_n = Probabilidad de que "n" clientes estén en el sistema = $P_n = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = (1 - \rho) * \rho^n$ P_o = Probabilidad de cero unidades en el sistema (la unidad de servicio está vacía) = $P_o = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = (1 - \rho)$ $P_{n>k}$ = Probabilidad de que más de "k" unidades estén en el sistema = $P_{n>k} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1}$

Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 33.

Figura 11. **Modelo B: sistema multicanal O M/M/S**

M = número de canales abiertos

λ = tasa promedio de arribo

μ = tasa promedio de servicio en cada canal

P_o = Probabilidad de que existan CERO personas o unidades en el sistema =

$$P_o = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M \frac{M\mu}{M\mu - \lambda}} \text{ para } M\mu > \lambda$$

L_s = número promedio de personas o unidades en el sistema :

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_o + \frac{\lambda}{\mu}$$

W_s = Tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema,
(en la cola y siendo servida (atendida)) =

$$W_s = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_o + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda}$$

L_q = Número promedio de personas o unidades en la línea o cola, en espera de servicio =

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = L_s - \rho$$

W_q = Tiempo promedio que una persona o unidad se
tarda en la cola esperando por servicio =

$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 36.

Figura 12. **Modelo C: servicio constante o modelo M/D/1**

Longitud promedio de la cola,	$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu - \lambda)}$
Tiempo promedio de espera en la cola,	$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu - \lambda)}$
Número promedio de clientes en el sistema,	$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
Tiempo promedio de espera en el sistema,	$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 35.

Figura 13. **Modelo D: población limitada**

NOTACIÓN:	
D	= Probabilidad de que una unidad tenga que esperar en la cola
F	= Factor de eficiencia
H	= Número promedio de unidades siendo servidas
J	= Número promedio de unidades que no están en cola o en el sector de servicio
L	= Número promedio de unidades esperando el servicio
M	= Número de canales de servicio
N	= Número de clientes potenciales
T	= Tiempo de servicio promedio
U	= Tiempo de servicio entre requerimientos de atención a la unidad
W	= Tiempo promedio que una unidad espera en la cola
X	= Factor de servicio
FÓRMULAS:	
Factor de Servicio	$X = \frac{T}{T + U}$
Número promedio en espera	$L = N(1 - F)$
Tiempo promedio de espera	$W = \frac{L(T + U)}{N - L} = \frac{T(1 - F)}{XF}$
Número promedio en funcionamiento	$J = NF(1 - X)$
Número promedio siendo servido	$H = FNX$
Cuantía de la Población	$N = J + L + H$

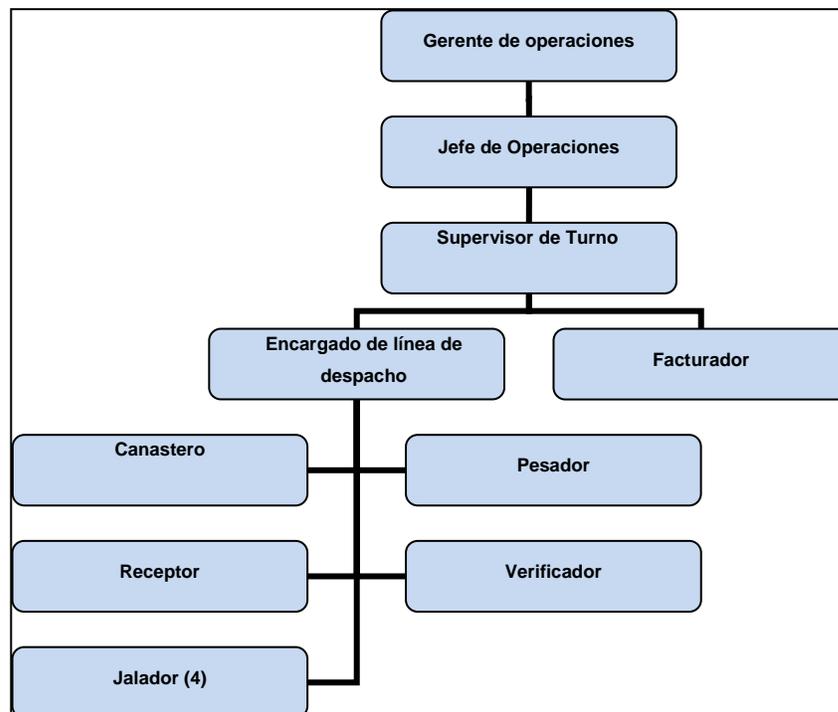
Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 33.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL DEPARTAMENTO DE DESPACHO

2.1. Organigrama del Departamento de Despacho

La estructura del Departamento de de Despacho esta presentada en el organigrama de la figura 14, el cual se obtuvo de la información proporcionada por el jefe de operaciones del centro de distribución.

Figura 14. Organigrama de Departamento de Despacho



Fuente: elaboración propia.

2.2. Programas de trabajo

EL despacho es realizado según el programa de trabajo, el cual contempla el orden en se selecciona el vehículo para ser cargado y el orden en que será distribuida la carga dentro de los vehículos.

2.2.1. Programación de distribución del producto en los camiones

Para la distribución de carga en cada uno de los camiones se utiliza un croquis como lo muestra la figura 15 en donde se describe como estará distribuida la carga dentro del camión, la cantidad de estibas y el tipo de producto en cada punto. El croquis de la figura 15 se obtuvo de la documentación interna del Departamento de Despacho proporcionada por el jefe de operaciones.

Para el Departamento de Despacho es importante respetar el programa de distribución ya que esto permite hacer un despacho con los clientes más eficiente, logrando tiempos más cortos al momento de bajar los productos en cada uno de los puntos que contempla la ruta de cada unidad, esta programación es modificada diariamente contemplando las cantidades y productos a distribuir.

Figura 15. Formato de distribución de carga

Distribución de carga			
No: <input style="width: 100%;" type="text"/>		Fecha: <input style="width: 100%;" type="text"/>	
Vehículo: <input style="width: 100%;" type="text"/>			
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:	Cod: No Canastas:
Encargado de línea: _____			
Nombre: _____			

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Programación de distribución de camiones por línea

Cada línea de carga debe cargar los vehículos según el orden definido por el supervisor de turno y para esto se utiliza la tabla de la figura 16 que pertenece a la documentación interna proporcionada por el jefe de operaciones.

Figura 16. **Formato de la programación de líneas de carga**

PROGRAMACIÓN DE LÍNEAS DE CARGA			
Línea:	<input type="text"/>	Fecha:	<input type="text"/>
Rampa:	<input type="text"/>		
Carga:	<input type="text"/>		
Número	Hoja de distribución No.	Vehículo	Hora de carga
1			
2			
3			
4			
F. Canastero: _____			
		F. Sup: _____	
Nombre: _____		Nombre: _____	

Fuente: elaboración propia.

2.3. Verificación de pedidos

Cada cliente realiza su pedido y se lo entrega al supervisor de despacho, quien lo compara con el inventario de producto en bodega y determina si es capaz de satisfacer la demanda requerida.

Cuando el cliente es un repartidor rutero, este verifica el informe de ventas (ver sección 2.3.1) y compara con el inventario de producto terminado.

2.3.1. Informe de ventas

Parte de la información requerida para la carga del producto en los diferentes vehículos y para las diferentes rutas, es el informe de ventas que sirve para realizar la programación de la carga. El informe de ventas presenta una proyección de la venta del día posterior a la carga, la cual es presentada en unidades, libras y clasificada por rutas y vehículos, esta información es usada como parámetro al momento de calcular la capacidad de cada uno de los vehículos y para la distribución de trabajo balanceada a cada una de las líneas de carga.

2.3.2. Inventario de productos

Al igual que el informe de ventas, el inventario de productos es parte de la información requerida para la programación de la carga, esta información da a conocer la capacidad en producto con la cual es posible satisfacer la demanda del mismo y distribuirlo en las diferentes rutas.

2.3.3. Diferencias entre el informe de ventas y el inventario de producto

Con el análisis de las diferencias entre el informe de ventas (pedido) y el inventario de producto, se verifica la cantidad de producto con la cual podemos satisfacer cada uno de los pedidos. Conocer las diferencias entre el inventario y el informe de ventas (pedido) antes de iniciar la carga permite pueda distribuirse el producto a cada una de las líneas de despacho y así evitar demoras o coordinar el orden de carga para cada producto mientras se abastece la bodega.

2.4. Diagramas de procesos

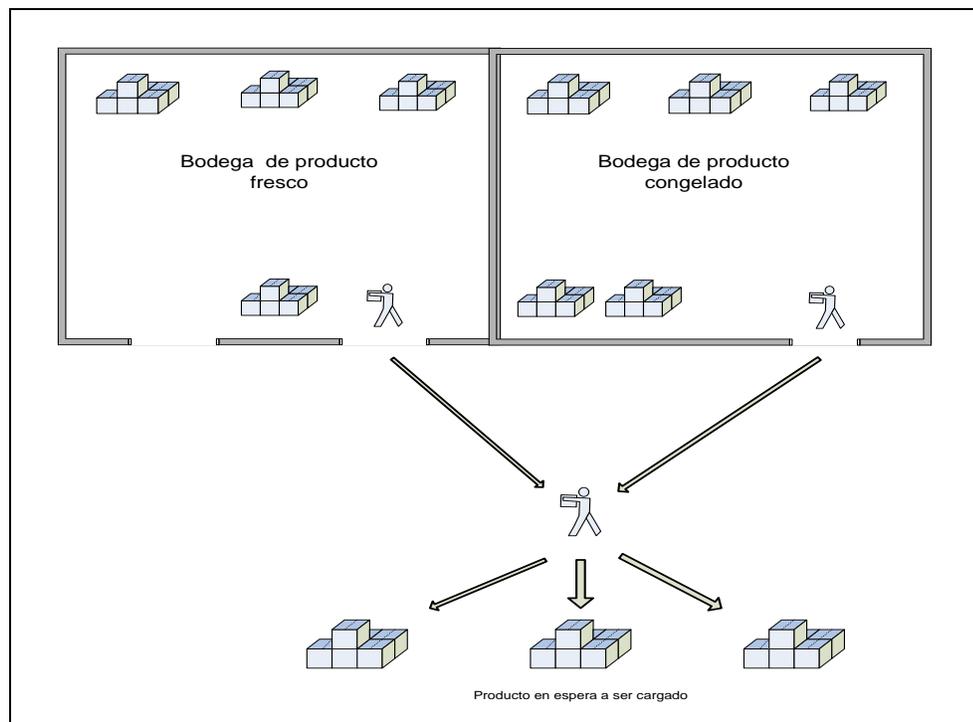
El diagrama permite visualizar el proceso, desde la preparación del producto hasta la carga de mismo a los vehículos, dando a conocer la secuencia de cada una de las etapas y los espacios utilizados durante el desarrollo del proceso.

2.4.1. Proceso de preparación del producto

El proceso de preparación del producto inicia con la identificación, selección y preparación de los diferentes productos que se encuentran en bodega y que son mencionados en el pedido, el producto que es seleccionado posteriormente es llevado al área de carga, también llamada antecámara en donde el producto es ordenado según su clasificación y tomando en cuenta también la línea en donde será despachado.

La figura 17 muestra el proceso de preparación de carga y los espacios utilizados para el desarrollo del mismo. La figura fue obtenida de la documentación interna del Departamento de Despacho proporcionada por el jefe de operaciones.

Figura 17. **Proceso de preparación de carga**



Fuente: elaboración propia.

2.4.2. **Proceso de carga**

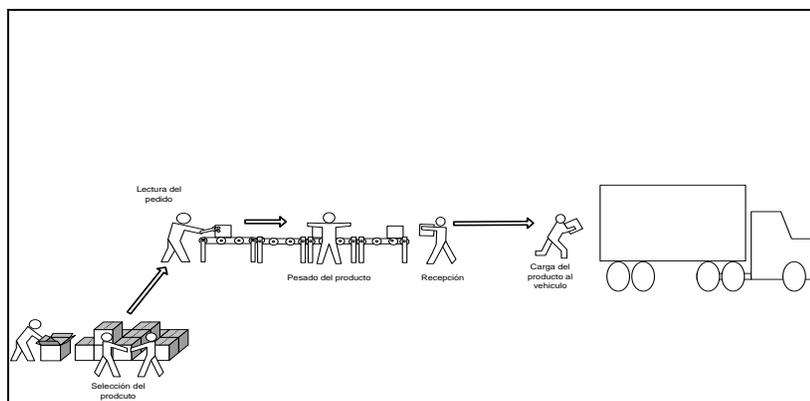
El proceso de carga es la continuación de las operaciones del proceso de preparación del producto, el cual se puede describir de la siguiente manera este proceso:

- Inicia con la solicitud por parte del encargado de despacho.

- Seguidamente los demás encargados de despacho seleccionan el producto al menudeo y cuando lo han conseguido lo entregan al solicitante.
- El solicitante coloca el producto en cajas sobre puestas en transportadores manuales y se lo entrega al encargado de báscula.
- Luego es pesado el producto, etiquetado y luego verificado en cantidad. Por último es cargado a los vehículos.

El proceso de carga se describe mediante el esquema de la figura 18, la cual fue elaborada con base a observaciones realizadas en el área de despacho.

Figura 18. **Esquema del proceso de carga**



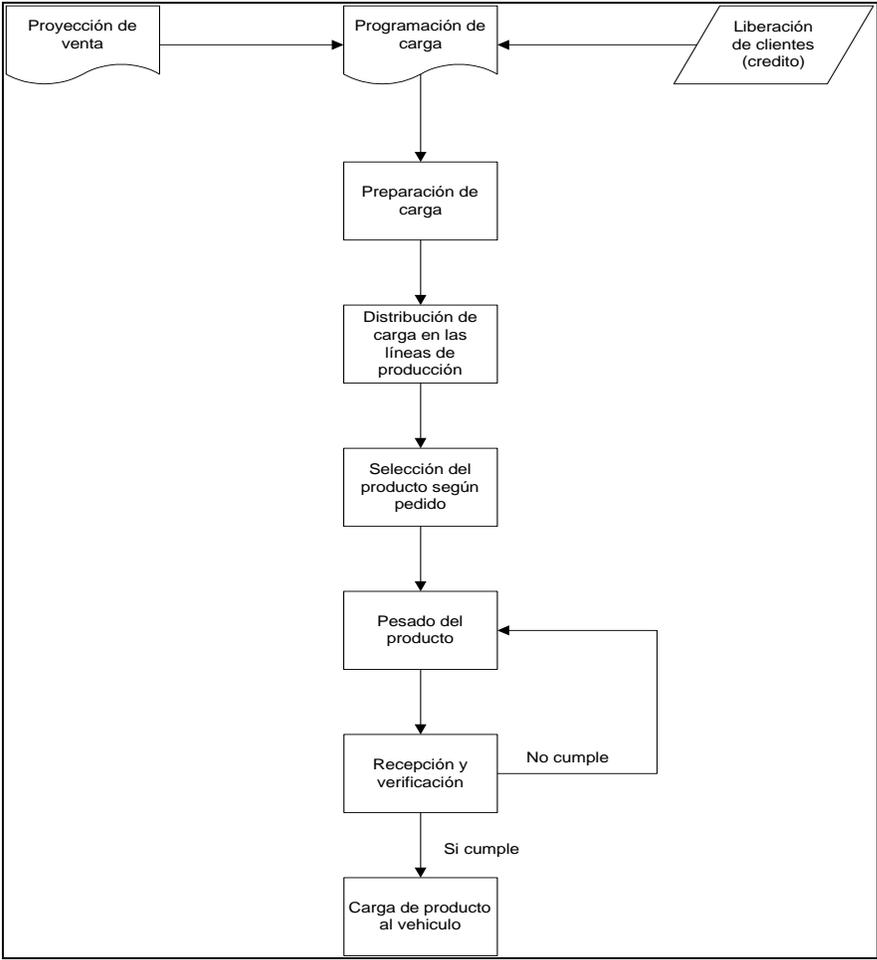
Fuente: elaboración propia.

2.5. Diagramas de flujo

El diagrama de flujo describe de una forma global toda la operación del Departamento de Despacho, desde el manejo de la información de ventas hasta la carga del producto en los vehículos.

La figura 19 es parte de la documentación interna proporcionada por el jefe de operaciones y muestra el diagrama de flujo del proceso de despacho.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso de despacho



Fuente: elaboración propia.

2.6. Situación técnica

Para poder plantear un nuevo sistema de colas, es necesario conocer los aspectos técnicos con los que se cuenta, tales como las dimensiones del área de despacho, la distribución física de las áreas de trabajo y la iluminación.

2.6.1. Dimensiones del área de despacho

El área achurada en la figura 20 representa el área de carga con sus dimensiones correspondientes. Dicha figura fue elaborada con base a la información proporcionada por el jefe de operaciones.

Figura 20. Esquema del área de despacho y dimensión

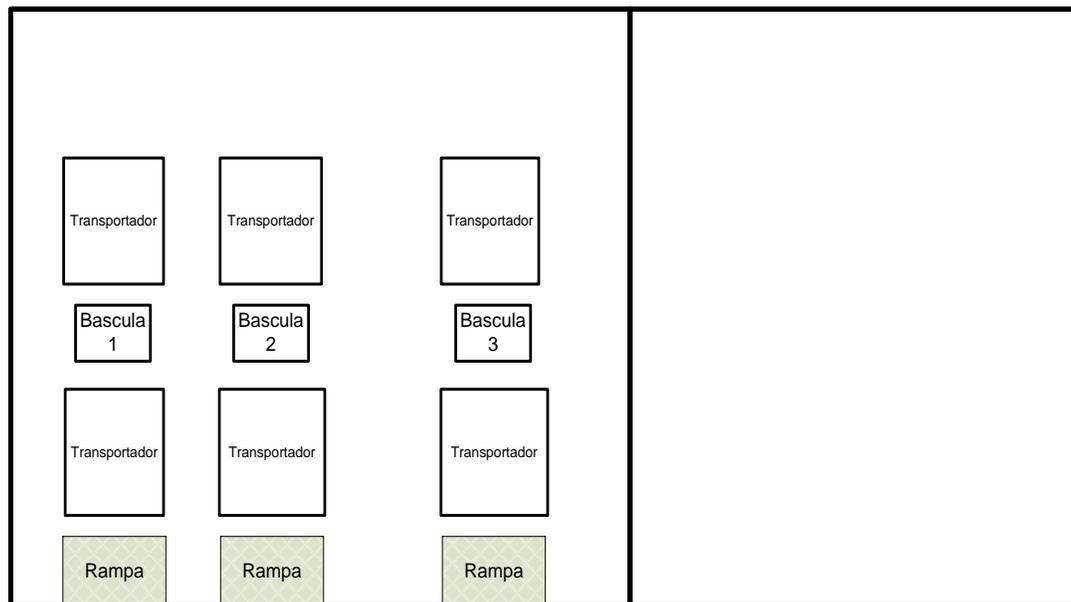


Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Distribución física

La distribución del área de carga está dada como se muestra en la siguiente figura, la cual fue elaborada con base a la información obtenida de la entrevista con el jefe de operaciones.

Figura 21. **Distribución del área de despacho y servidores**



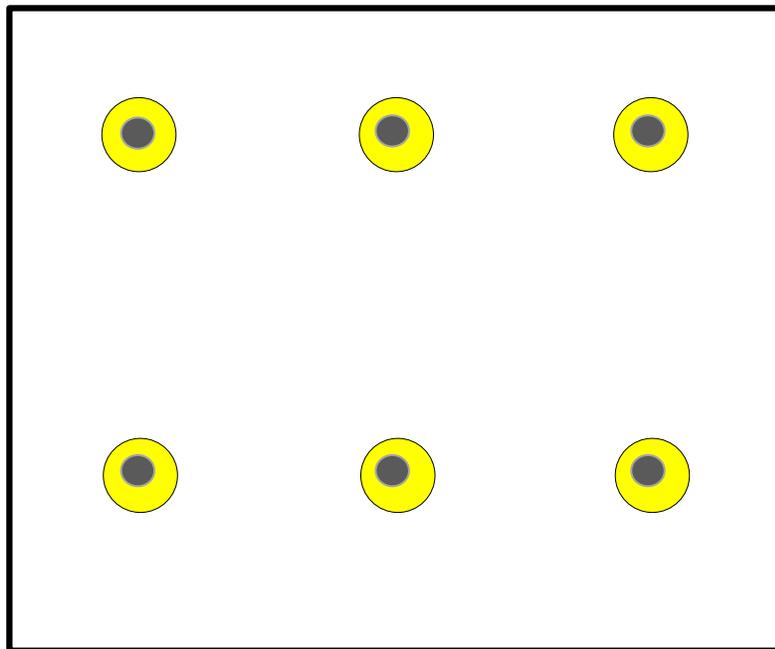
Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Iluminación

La iluminación es un factor importante en el rendimiento del personal, por lo que los aspectos, calidad y cantidad de iluminación son determinantes al momento de querer mejorar nuestra capacidad.

La iluminación utilizada en el área de despacho es completamente artificial y está distribuida en toda el área de carga como se muestra en la figura 20. Dicha figura fue elaborada con base a la información proporcionada por el jefe de operación en la entrevista y observaciones realizadas en el Departamento de Despacho.

Figura 22. **Distribución de luminarias en el área de carga**



Fuente: elaboración propia.

La iluminación es proporcionada por reflectores de 500 lux de alta luminosidad, tal como lo muestra la figura 23.

Figura 23. **Reflector de alta luminosidad**



Fuente: elaboración propia.

2.7. Equipo utilizado

EL rendimiento y la productividad también dependen de las condiciones del trabajo, por lo que es importante contar con el equipo de protección personal y el equipo de trabajo necesario para llevar a cabo cada una de las actividades.

2.7.1. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal utilizado es precisamente requerido para evitar cualquier contaminación de los alimentos al personal o viceversa.

- Cofia
- Mascarilla
- Guantes de látex
- Botas de hule
- Abrigo para el frío y casco

2.7.2. Equipo de carga

Para poder llevar a cabo la carga del producto a cada uno de los vehículos es necesario el siguiente equipo:

Pallet: útil para trasladar el producto a las diferentes líneas de despacho.

Cajillas de arrastre: estas cajillas son las únicas que pueden tener contacto directo con el piso y solo sirven como base a las estibas.

Montacargas: necesario para el traslado de las tarimas de producto terminado al área de despacho.

Transportadores: transportan el producto a lo largo de las líneas de despacho.

Tarimas: útiles para el almacenamiento del producto terminado en bodega.

2.8. Medición de tiempos muertos en el proceso de despacho

Para la determinación de los tiempos muertos en el proceso de carga se realizó un estudio de campo, en el cual se registró cada uno de los tiempos considerados muertos. El estudio se realizó en el transcurso de dos semanas y en los dos diferentes turnos intercaladamente.

El resultado del estudio de campo se muestra en la tabla XI, dando a conocer las causas que generan los tiempos muertos con sus respectivos tiempos y puede ver claramente que no hay una causa constante que genere atrasos en el despacho de producto.

Tabla XI. Registro de paros en el área de despacho

Tipo de paro	Número de paros por semana (Nov-Dic)						Tiempo promedio en cada paro (min)	Frec	%
	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6			
En espera de orden de carga	5	1	0	2	5	1	15	14	25,5%
Falta de producto en bodega	3	2	3	1	3	1	20	13	23,6%
Fallo en el sistema de las basculas	0	2	4	0	0	1	25	7	12,7%
Limpieza de equipo	1	1	1	1	1	1	10	6	10,9%
Calibración de basculas	1	0	4	0	0	0	20	5	9,1%
Aprobación de crédito	3	0	1	1	0	0	19	5	9,1%
Falta de canastas	0	0	0	0	1	1	19	2	3,6%
Auditorias de calidad	1	0	0	0	1	0	20	2	3,6%
Falla eléctrica	0	0	1	0	0	0	45	1	1,8%
								55	100,0%

Fuente: elaboración propia.

2.9. Medición de la capacidad instalada actual del departamento

Para la medición de la capacidad instalada se realizó un estudio de tiempos en el cual se determina la capacidad de carga que tiene cada una de las líneas y la capacidad total de carga en todo el turno.

La capacidad de carga está dada en libras/hora

Para determinar la capacidad instalada por turno se multiplica la capacidad por hora por el número de horas efectivas de la jornada.

Las tablas siguientes explican los resultados de las cantidades y tiempos registrados durante el estudio de tiempos.

Tabla XII. **Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 1, 02/12/2009**

Vehículo	Hora inicio de carga	Hora final de carga	Tiempo total de carga (min)	tiempos intermedios (min)	Cantidad de carga (Libras)
1	07:45	08:25	40	5	379 854,35
2	08:30	09:15	45	5	4 559,56
3	09:20	10:12	42	8	4 000,00
4	10:20	11:05	35	5	4 156,00
5	11:10	11:55	45	12	2 827,89
6	12:07	12:45	38	5	3 000,67
7	12:50	13:30	40		3 730,00
			285	40	22 274,12
<p>Tiempo total de carga= $(285 + 40)/60 = 5,416$ horas</p> <p>Capacidad de carga= $22\ 274,12\text{Lb}/5,416\text{Hrs}$</p> <p>Capacidad de carga = $4\ 112,14\ \text{Lb}/\text{Hr}$</p>					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 2, 02/12/2009**

Vehículo	Hora inicio de carga	Hora final de carga	Tiempo total de carga (min)	tiempos intermedios	Cantidad de carga (Libras)
1	07:05	07:40	35	5	3 890,44
2	07:45	08:32	47	6	3 059,3
3	08:38	09:13	35	4	3 120,00
4	09:17	10:00	43	5	4 002,5
5	10:05	10:45	40	10	3 130,4
6	10:55	11:38	43	2	3 005,24
7	11:40	12:28	48		3 760,4
			291	32	20 077,84
<p>Tiempo total de carga= $(291 + 32)/60 = 5,383$ horas</p> <p>Capacidad de carga= $20\ 077,84\text{Lb}/5,383\ \text{Hrs}$</p> <p>Capacidad de carga = $3\ 729,62\ \text{Lb}/\text{Hr}$</p>					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Registro de tiempos y cantidad de carga en línea 3, 02/12/2009**

Vehículo	Hora inicio de carga	Hora final de carga	Tiempo total de carga (min)	tiempos intermedios	Cantidad de carga (Libras)
1	07:00	07:40	40	4	3 995,40
2	07:44	08:30	46	5	3 459,67
3	08:35	09:10	35	5	3 120,00
4	09:15	09:56	41	4	3 130,2
5	10:00	10:38	40	4	3 760,77
6	10:42	10:09	31	6	4 000,00
7	11:15	11:55	40		3 777,1
			273	28	21 247,74
<p>Tiempo total de carga= $(273 + 28)/60 = 5,016$ horas</p> <p>Capacidad de carga= $21\ 247,74\text{Lb}/5,016$ hora</p> <p>Capacidad de carga = $4\ 235,42$ Lb/Hr</p>					

Fuente: elaboración propia.

La capacidad instalada promedio de cada servidor es de Q 4 025,73 determinada del cálculo del promedio de las tres capacidades observadas.

Tabla XV. **Capacidad instalada total**

Capacidad	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Total
Libras/Hora	4 112,14	3 729,62	4 235,42	12 077,12

Fuente: elaboración propia.

Capacidad instalada promedio de cada servidor o línea = 4 025,73 Lb/hora.

El tiempo total efectivo de trabajo en cada jornada es igual a: 8 horas, por lo tanto la capacidad total instalada por jornada es igual a 8 veces la capacidad por hora calculada en la tabla XV.

Capacidad instalada total jornada = 96 616,96 Libras/jornada (8 horas).

2.10. Estimación de costos actuales de operación

Existen diversidad de costos a tomar en cuenta para un estudio de teoría de colas, sin embargo, para este estudio, a la empresa sólo le interesa analizar dos costos, el costo de tener un servidor trabajando y el costo de que un cliente tenga que esperar.

El costo de tener un servidor trabajando, comprende el costo del personal de nómina que interfiere en el despacho de los productos y el costo de espera se define como el costo de alquilar un camión, más el salario del chofer del camión.

El costo actual del sistema estará dado por la suma del costo de tener servidores trabajando y el costo de espera. El costo de emplear servidores adicionales está bastante claro, el costo de esperar, no. Se trata hacer un equilibrio entre el costo de emplear más servidores y el costo en que se incurriría por obligar a los clientes a esperar.

Para determinar el costo total del sistema y decidir cuál es el número específico de servidores que hacen óptimo el sistema se debe determinar los siguientes costos:

C_s = costo por hora de tener un servidor disponible

C_w = costo por hora de tener una persona esperando en el sistema

El costo total de tener “s” servidores en el sistema queda definido como se ve en la figura 24.

Figura 24. **Costo total**

$$CT_{(M)} = [(C_s) * (s) + (C_w) * (L_q)]$$

Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 41.

Donde:

C_s = Costo de tener por tener un servidor disponible

S = número de servidores

C_w = Costo de espera

L_q = Longitud de la cola

Con base a la información proporcionada por jefe de operaciones se presenta la tabla XVI, en donde se detalla el costo de mano de obra por cada servidor.

Tabla XVI. **Costo de un servidor/hora**

Personal	Personas/servidor	Costo/persona/hora	Costo/hora
Encargado de línea de despacho	1	Q.14,50	Q.14,50
Canastero	1	Q.11,75	Q.11,75
Pesador	1	Q.11,75	Q.11,75
Receptor	1	Q.10,75	Q.10,75
Verificador	1	Q.11,50	Q.11,50
Jalador	4	Q. 8,00	Q.8,00
Total =			Q. 68,25

Fuente: elaboración propia.

El costo de tener trabajando una hora un servidor (Cs), es de Q.68,25/hora.

2.11. Limitantes

Las limitantes internas y externas del sistema de colas pueden afectar su desempeño, por lo que es importantes tenerlas presentes al momento de estudiar el sistema actual y al momento de plantear la mejora.

2.11.1. Internas

El proceso de carga de producto se ve afectado por limitantes que provocan bajo rendimiento e incapacidad de cumplir con la demanda.

Son consideradas como limitantes internas que afectan la operación de despacho son las siguientes:

- Descomposición del producto por tiempos largos de carga
- Falta de personal
- Tiempo largo de espera para la liberación de producto terminado
- Falta de coordinación para la operación de carga
- Poca capacidad de carga.

2.11.2. Externas

Las limitantes externas son el conjunto de variables que pueden influir en las operaciones de despacho y que son ajenas al departamento de operaciones, de las cuales podemos mencionar:

- Restricción de horario de transporte pesado
- Retrasos en regreso de vehículos
- Vehículos sin sistema de refrigeración
- Rechazo de producto por el cliente.

3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE COLAS ÓPTIMO

3.1. Análisis del sistema de colas

Mediante el análisis de cada una de las características del sistema de colas se determinara el modelo óptimo que más se adapte a las operaciones de despacho en cuanto a cantidad y tiempo.

3.1.1. Características de arribo de clientes al sistema

Para determinar el arribo de los clientes al sistema se debe de definir el tamaño de la población a la que pertenecen los clientes, la tasa de llegadas de clientes al sistema y la forma en que arriban, pudiendo ser de forma aleatoria o con un orden específico.

Cada una de las características es importante ya que el arribo de los clientes es un factor determinante para el mejor modelo a utilizar.

3.1.1.1. Determinación del tamaño de la población del sistema

En este caso se asume que el tamaño de la población es infinito o ilimitado, debido a que no se conoce el número de clientes que serán atendidos, los arribos se dan aleatoriamente y que los clientes no se retiran de la cola hasta ser servidos.

El registro de vehículos que arribaron al centro de distribución durante el estudio realizado en el transcurso de seis días, durante un período de tiempo se muestra en las tablas de A-I a la A-VI del apéndice A.

3.1.1.2. Número de clientes que llegan al sistema por unidad de tiempo

Las tasas de llegadas promedios de clientes al sistema están dadas en la tabla VII, son el resultado de observaciones realizadas en días seleccionados al azar y sus resultados se encuentran en las tablas A-1 a la A-VI del apéndice A.

Cada una de las tasas promedio de llegadas de clientes al sistema por hora fue calculada mediante la aplicación de la media aritmética del total de llegadas de los clientes en los diferentes días.

Todo modelo de colas puede medirse mediante observaciones periódicas y el número de clientes que llegan al sistema es una variable determinante para el análisis de colas y que permite iniciar con el estudio de la capacidad de servicio que se tiene y que también se busca mejorar, a pesar de que los sistemas varían, estos siempre pueden modelarse o ajustarse con el fin de aplicar la teoría de colas hasta llevarlo a la realidad de la situación.

Tabla XVII. **Resumen de tasas promedio de llegadas de clientes al sistema**

Fecha	λ (Llegadas/Hora)
12/12/2009	8,2
14/12/2009	8
15/12/2009	7,7
17/12/2009	8,1
22/12/2009	7,6
23/12/2009	8,4
X =	8

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.3. Comportamiento de las llegadas de los clientes al sistema

Según las observaciones mostradas en la tabla del punto anterior, se considera que los arribos de los clientes al sistema se dan en forma aleatoria porque éstos son independientes de otros y su ocurrencia no puede ser predicha exactamente, no son constantes.

3.1.2. Tamaño de la cola de espera

Para efectos de simplificar el problema, se asume que el tamaño de la cola de espera es infinito, dejando en claro que esta decisión no altera los resultados del estudio.

3.1.3. Servicio

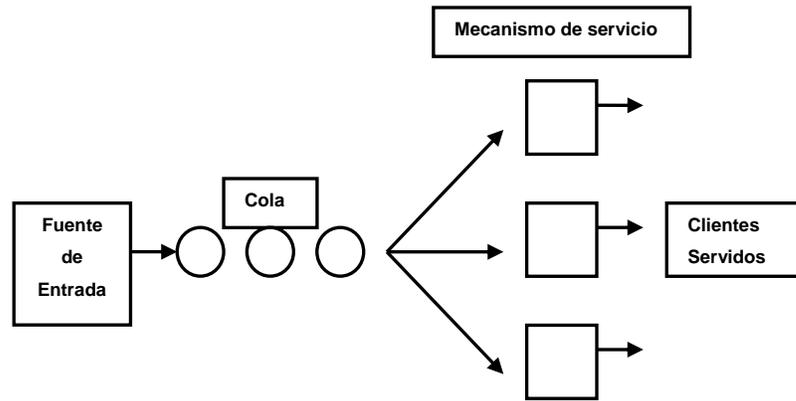
Es importante considerar cada una de las características en que se presta el servicio de carga en el Departamento de Despacho, conocer tanto la configuración del sistema de servicio como el tiempo necesario para dar el servicio permitirá determinar el modelo de colas que más se adecue al departamento.

3.1.3.1. Configuración del sistema de servicio

Actualmente se trabaja en un sistema de colas de un canal y una fase, sistema que se adecua al tipo de servicio brindado.

Puede definirse la configuración del sistema con la siguiente nomenclatura Modelo simple M/M/S o modelo B mencionado en la sección 1.3.7. En la figura 25 puede observarse la configuración del sistema de colas actual del Departamento de Despacho según lo observado en el estudio de campo realizado.

Figura 25. **Configuración del sistema de colas actual**



Fuente: ANDRADE, Iván. Teoría de colas, 2003 p. 55.

3.1.3.2. **Distribución del tiempo de servicio para cada cliente**

El tiempo de servicio promedio para cada cliente y en los tres diferentes servidores, fue determinado mediante observaciones realizadas durante el estudio de campo en el área de despacho, como lo muestran las tablas VIII, XIX y XX.

Tabla XVIII. **Registro de tiempos de servicio en línea 1**

Observación No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:45	08:25	40
2	08:30	09:15	45
3	09:20	10:12	42
4	10:20	11:05	35
5	11:10	11:55	45
6	12:07	12:45	38
7	12:50	13:30	40
$\mu=1.2$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Registro de tiempos de servicio en línea 2**

Observación No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:05	07:40	35
2	07:45	08:32	47
3	08:38	09:13	35
4	09:17	10:00	43
5	10:05	10:45	40
6	10:55	11:38	43
7	11:40	12:28	48
$\mu=1.3$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Registro de tiempos de servicio en línea 3**

Observación No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:00	07:40	40
2	07:44	08:30	46
3	08:35	09:10	35
4	09:15	09:56	41
5	10:00	10:38	40
6	10:42	10:09	31
7	11:15	11:55	40
$\mu=1.42$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

La tasa promedio total de servicio es 3,2 clientes/hora

La tasa de servicio promedio se determinó mediante la suma de las medias aritmética de los tiempos de servicio en cada uno de los servidores.

3.1.4. Determinación de factores en el sistema de colas

Previo a la determinación de los factores en el sistema de colas, calculamos la probabilidad de que es sistema se encuentre vacío, este dato nos servirá más adelante para determinar factores del sistema.

A continuación se presenta la figura 26, la cual contiene la fórmula en la cual se determinara la probabilidad de que un sistema se encuentre vacío.

Figura 26. **Probabilidad de que el sistema este vacío**

$$P_o = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{s\mu}{s\mu - \lambda}} \text{ para } s\mu > \lambda$$

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo, $s = 3$, $\lambda = 8$ y $\mu = 3,2$ en la Figura 26, obtenemos.

$$P_o = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{n=2} \frac{1}{n!} \left(\frac{8}{3,2} \right)^n \right] + \frac{1}{3!} \left(\frac{8}{3,2} \right)^3 \frac{(3)(3,2)}{(3)(3,2) - (8)}}$$

$$P_o = 0,0449$$

La probabilidad de que el sistema esté vacío es 4,49 %

3.1.4.1. Medición del tiempo promedio que cada cliente permanece en cola

El tiempo que un cliente permanece en cola se determinara mediante la fórmula presentada en la figura 27.

Figura 27. **Fórmula de tiempo promedio de espera en cola**

$$W_q = \text{Tiempo promedio que una persona o unidad se tarda en la cola esperando por servicio} =$$
$$W_q = W_s - \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\lambda}$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

W_s : tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema (Calculado en la sección 4.1.2.2)

μ : tasa promedio de servicio

Sustituyendo $W_s = 0,751$ y $\mu = 3,2$ en la Figura 27, obtenemos.

$$W_q = 0,751 - \frac{1}{3,2} =$$

Dando como resultado $W_q = 0,439$ horas

3.1.4.2. Longitud de la cola promedio

La longitud de la cola promedio es la cantidad de clientes que se encuentran en un momento determinado en cola esperando servicio y que se calcula mediante la fórmula que se observa en la figura 28.

Figura 28. Longitud media de cola

$$L_q = P_0 \left[\frac{(\lambda/\mu)^{s+1}}{(s-1)!(s-\lambda/\mu)^2} \right]$$

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo $s = 3$, $\lambda = 8$, $\mu = 3,2$ en la figura 28, obtenemos.

$$L_q = 0,0449 \left[\frac{(8/3,2)^{3+1}}{(3-1)!(3-8/3,2)^2} \right]$$

Dando como resultado $L_q = 3,5$ clientes = 4 clientes

3.1.4.3. Medición del tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema

El tiempo que un cliente permanece en el sistema debe calcularse mediante la fórmula presentada en la figura 29. Este tiempo toma en cuenta contempla la carga completa de la unidad cumpliendo el programa de distribución de carga.

Figura 29. **Tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema**

$$W_s = \text{Tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema, (en la cola y siendo servida (atendida)) =}$$

$$W_s = \frac{\mu \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^M}{(M-1)!(M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{1}{\mu} = \frac{L_s}{\lambda}$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

S: número de servidores

Po= probabilidad que el sistema este vacío

Sustituyendo, s = 3, P₀ = 0,0449, λ = 8, μ = 3,2 en la figura 29, obtenemos.

$$W_s = \frac{3,2 * \left(\frac{8}{3,2} \right)^3}{(3-1)!(3 * 3,2 - 8)^2} * 0,0449 + \frac{1}{3,2} = \frac{L_s}{\lambda}$$

Dando como resultado W_s = 0,75 horas = 45 minutos

3.1.4.4. **Determinación del número de clientes promedio en el sistema**

“L_s” representa el número promedio de clientes que son atendidos en el sistema y se determina mediante la fórmula presentada en la figura 30. Este tiempo empieza a correr desde que la unidad ingresa al centro de distribución y termina hasta que sale de las instalaciones del centro de distribución ya cargado.

Figura 30. **Clientes en el sistema**

$$L_s = \text{número promedio de personas o unidades en el sistema:}$$

$$L_s = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M}{(M-1)! (M\mu - \lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu}$$

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo, $M = 3$, $P_0 = 0,0449$, $\lambda = 8$, $\mu = 3,2$ en la figura 30, obtenemos.

$$L_s = \frac{3,2 * 8 \left(\frac{8}{3,2}\right)^3}{(3-1)! (3 * 3,2 - 8)^2} * 0,0449 + \frac{8}{3,2}$$

Dando como resultado $L_s = 6,007$ clientes

3.1.4.5. **Probabilidad de que el servicio se quede sin clientes en espera**

La probabilidad de que el servicio se quede sin clientes en espera fue calculada en la sección 3.1.4

Dando como resultado $P_0 = 0,0449$

O sea, que la probabilidad de que el sistema esté vacío es del 4,49%

3.1.4.6. **Factor de utilización del sistema**

Si λ = tasa promedio de llegadas y μ = tasa promedio de servicio, entonces λ debe ser menor que μ . Si no fuera así, el promedio de llegadas sería superior al número promedio de unidades que se atienden, y el número de unidades que

están esperando se volvería infinitamente grande. El factor de utilización se define como la fracción promedio de tiempo que el sistema está ocupado, como se muestra en la figura 31.

Figura 31. **Factor de utilización**

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

Fuente: elaboración propia.

$$\rho = \frac{8}{(3,2)}$$

Dando como resultado un factor de utilización del 0,83

3.1.4.7. Probabilidad de un número específico de clientes en el sistema

Antes de iniciar el proceso de simulación debe demostrarse que la tasa de llegada tiene una distribución de Poisson y el tiempo de servicio una distribución exponencial.

Para este estudio en particular esta hipótesis se comprobará tomando en cuenta un nivel de confianza del 95 por ciento.

Sustituyendo $\lambda = 8$ en la figura 32 obtenemos la información de la tabla II, que es la probabilidad teórica de que ocurran x cantidad de arribos por unidad de tiempo, las que serán de utilidad para determinar la frecuencia esperada.

Figura 32. **Distribución de Poisson**

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \text{ para } x = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$$

Fuente: elaboración propia.

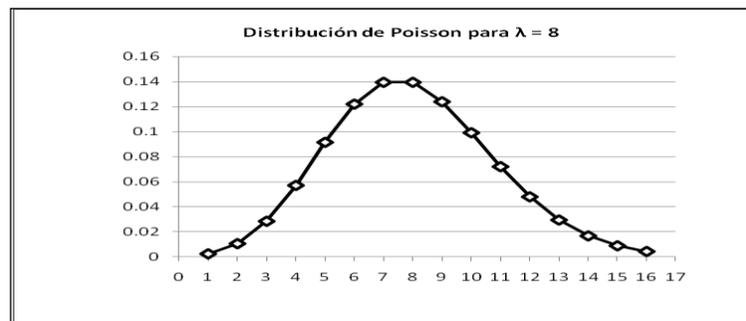
Tabla XXI. **Probabilidad de x arribos/unidad de tiempo**

x	P(x)
1	0,0026
2	0,01073
3	0,0286
4	0,0572
5	0,0916
6	0,1221
7	0,1395
8	0,1395
9	0,124
10	0,09926
11	0,07219
12	0,04812
13	0,0296
14	0,01692
15	0,00902
16	0,0045

Fuente: elaboración propia.

El resultado de la probabilidad de un número específico de clientes en el sistema en esta tabla puede apreciarse mejor en la figura 33.

Figura 33. **Distribución de Poisson teórica para $\lambda=5,12$**



Fuente: elaboración propia.

3.1.4.8. **Análisis de medidas de desempeño con varios servidores**

Analizando la información de la tabla XXI y la gráfica de la figura 33, es posible observar que los datos de la tabla XXI siguen el comportamiento de una distribución de Poisson.

Sustituyendo $\mu=3,2$ y $\lambda=8$, en las ecuaciones de la figura 11 tenemos como resultado:

Tabla XXII. **Desempeño del sistema con varios servidores**

# de servidores	Si $\rho < 1$				
	$\rho =$ utilización	P_0	W_s (horas)	W_q (horas)	L_q
1	2,5000	---	---	---	---
2	1,2500	---	---	---	---
3	0,8333	0,1905	2,173	1,8605	14,884
4	0,6250	0,0449	0,353	0,0405	0,324
5	0,5000	$9,43 \times 10^{-4}$	0,3127	0,0002	0,0016
6	0,4167	$3,51 \times 10^{-4}$	0,3125	0	0
7	0,3571	$1,36 \times 10^{-4}$	0,3125	0	0

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.9. **Determinación del número óptimo de servidores**

A continuación se encontrará en las tablas XXIII, XXIV, XXV, XXVI y XXVII la tendencia de los costos totales trabajando con 3, 4, 5 y 6 servidores. Estas tablas comparativas permiten visualizar claramente el desenvolvimiento del sistema modelándolo con diferentes cantidades de servidores.

Tabla XXIII. **Costo total para 3 servidores**

Con: $L_q = 14,884$, $C_s = 68,25$ y $s = 3$							
C_w	$C_w /$ Turno	C_s total/Turno	Capacidad inst/hora L_b	Horas mínimas requeridas Para cumplir con demanda	Capacidad inst/turno L_b	Demanda actual/turno L_b	Costo total/turno
Q.10,00	Q.1 541,98	Q.2 121,21	12 077,12	10,36 Hrs	125 118,96	125 000,00	Q3 663,19

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, actualmente es sistema con tres servidores requiere de horas extras para lograr satisfacer la demanda de carga, aproximadamente se utilizan dos horas y media extras a las jornada, lo cual incrementa el costo de sistema actual.

Tabla XXIV. Costo total para 4 servidores

Con: $Lq = 0,324$, $Cs = 68,25$ y $s = 4$							
Cw	Cw / Turno	Cs/Turno	Capacidad inst/hora Lb	Horas mínimas requeridas Para cumplir con demanda Hrs	Capacidad inst/turno Lb	Demanda actual/turno Lb	Costo total/turno
Q10,00	Q25,17	Q2 184,00	16 102,91	7,77 Hrs	125 119,61	125 000,00	Q2 209,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Costo total para 5 servidores

Con: $Lq = 0,0016$, $Cs = 68,25$ y $s = 5$							
Cw	Cw / Turno	Cs/Turno	Capacidad inst/hora Lb	Horas mínimas requeridas Para cumplir con demanda	Capacidad inst/turno Lb	Demanda actual/turno Lb	Costo total/turno
Q10,00	Q0,10	Q2 730,00	20 128,70	6,22 Hrs	125 200,51	125 000,00	Q2 730,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Costo total para 6 servidores**

Con: Lq = 0, Cs = 68,25 y s = 6							
Cw	Cw*Lq	Cs*s	Capacidad inst/hora Lb	Horas mínimas requeridas Para cumplir con demanda	Capacidad inst/turno Lb	Demanda actual/turno Lb	Costo total/turno
Q10,00	Q0,00	Q3 276,00	24 154,74	5,18 Hrs	125 121,55	125 000,00	Q3 276,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Resumen de costos totales con varios servidores**

Parámetros	Numero de servidores				Ponderación
	3 servidores	4 servidores	5 servidores	6 servidores	
Costo total/turno	Q3 663,19	Q2 209,17	Q2 730,10	Q3 276,00	60% (para el menor)
Requiere horas extras?	Si (2,5 hrs)	No	No	NO	20% (Si no requiere)
longitud de cola	14,884	0,324	0,0016	0	20% (Menor a 1)
Puntuación total	30 %	100 %	90%	70%	100%

Fuente: elaboración propia.

Analizando la información de la tabla 17, es posible concluir es más económico trabajar con 4 servidores, cuando el costo de espera por todo el turno es igual a Q.25,00, se utilizan únicamente 7,77 horas de una jornada de 8, lo cual evita el uso de horas extras y da un mayor margen de variación positiva en la capacidad instalada por si la demanda de carga aumentara, el costo total del sistema con cuatro servidores es de Q2 209,17/turno siendo este el menor de todos y cumple con satisfacer la demanda de carga.

Se descarta la posibilidad de trabajar con 3 servidores, ya que el costo total sube, debido a que con 3 servidores el tiempo de espera se incrementa considerablemente, afectando el costo de espera y se requiere de la utilización de horas extras para lograr satisfacer la demanda.

En cualquiera de los casos, el costo de trabajar con el sistema propuesto es significativamente más bajo, como se muestra en la tabla XXVII. Para efecto de este estudio se utilizó el costo de espera por hora de Q.10,00 calculado mediante el costo generado por el consumo de combustible por hora en cada servidor más el costo del salario del chofer. Con dicho costo el ahorro diario de utilizar el sistema propuesto es de Q. 1 453,48/turno, esta diferencia en el costo representa el 39,67 por ciento del costo actual, si se analiza en un mes (26 días de atención) queda como sigue:

$$Q.1\ 453,48/\text{día} * 26\text{días} = Q.37\ 790,48/\text{mes}$$

3.1.4.10. Descripción de puestos

La descripción de cada uno de los puestos que intervienen directamente en cada uno de los servidores está dada en las siguientes tablas, las cuales son parte de la documentación interna del departamento de recursos humano.

Tabla XXVIII. **Descripción de puesto encargado de línea de despacho**

Puesto	Encargado de línea de despacho
Responsabilidades	Responsable de la coordinación de la línea de despacho, verificación del cumplimiento de cada una de las operaciones que intervienen en la misma.
Autoridad	Para realizar cambios en la línea, permisos para ausencia de puesto y autorización de solicitud de recursos de la línea.
Nivel académico	Estudiante del segundo año de Administración de empresas o ingeniería industrial

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Descripción de puesto pesador**

Puesto	Pesador
Responsabilidades	Responsable del pesado del producto a cargar, colocación de la etiqueta de identificación del peso del producto.
Autoridad	NA.
Nivel académico	Tercero Básico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Descripción de puesto receptor**

Puesto	Receptor
Funciones	Colocación del producto en las canastas según hoja de pedido y modificación del producto en canasta según el verificador.
Autoridad	NA.
Nivel académico	Tercero primaria

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Descripción de puesto verificador**

Puesto	Verificador
Responsabilidades	De la verificación de la cantidad del producto en canasta y calidad del mismo.
Autoridad	Detener la carga del producto por diferencia de peso o mala calidad del producto
Nivel académico	Tercero Básico

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Descripción de puesto jalador**

Puesto	Jalador
Responsabilidades	Responsable del arrastre y carga del producto al vehículo.
Autoridad	NA
Nivel académico	Sexto Primaria

Fuente: elaboración propia.

3.1.4.11. Estimación de costos de operación con el sistema de colas

El costo de operación del sistema de colas con 5 servidores es calculado en la tabla XXVII de la sección 3.1.4.9, este haciende a Q2 209,17 y es el menor costo calculado con cuatro servidores y satisfaciendo las variables del sistema.

3.1.4.12. Cálculo de la capacidad instalada con el modelo de colas propuesto

La capacidad instalada del nuevo sistema es igual al número de servidores a utilizar por la capacidad promedio determinada en la sección 2.9

Capacidad instalada total (4 servidores)

$4025,73 \times 4 = 16102,91$ Libras/hora

Capacidad instalada total de la jornada (8 horas)

$16102,91 \text{ Libras/hora} \times 8\text{Hr} = 128823,28$ libras/jornada

3.1.4.13. Relación entre la capacidad instalada y la demanda

La capacidad instalada es una combinación de los tiempos de procesamiento por máquina/persona, combinaciones de operaciones paralelas o secuenciales y la cantidad de equipo/personas disponibles para realizar el trabajo. La capacidad instalada la podemos medir en unidades por tiempo ejemplo engranajes por minuto, en el caso de servicios donde lo que procesamos son clientes serían clientes por minuto.

La capacidad instalada tiene que estar de acuerdo con las necesidades de volumen del mercado.

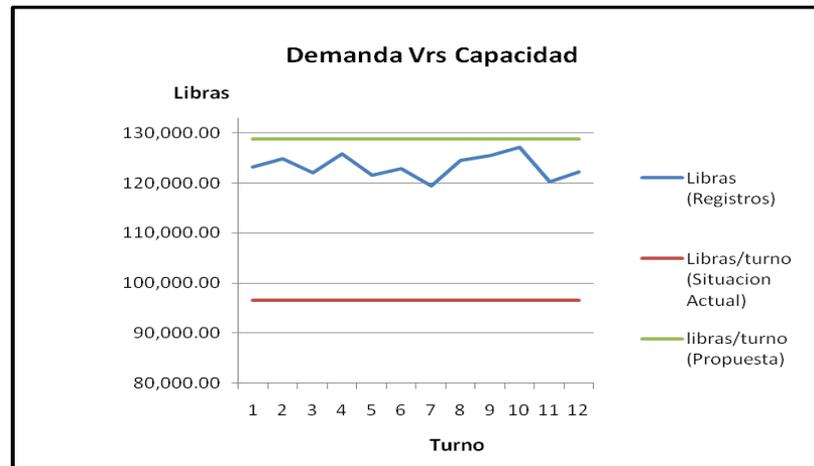
Como puede apreciarse en la tabla XXXIII, la demanda varia durante el tiempo observado, mientras la capacidad instalada de la situación actual y propuesta se mantiene constante en el tiempo.

Tabla. XXXIII. **Comportamiento de la demanda de la capacidad instalada**

	Fecha	Demanda	Capacidad Instalada en turnos de 8 horas	
		Libras (Registros)	Libras/turno (Situación Actual)	libras/turno (Propuesta)
1	05/03/2010	123 167,66	96616,96	128 823,28
2	10/03/2010	124 894,56	96616,96	128 823,28
3	13/03/2010	122 033,23	96616,96	128 823,28
4	15/03/2010	125 745,81	96616,96	128 823,28
5	27/03/2010	121 567,45	96616,96	128 823,28
6	02/04/2010	122 857,55	96616,96	128 823,28
7	08/04/2010	119 445,98	96616,96	128 823,28
8	11/04/2010	124 569,33	96616,96	128 823,28
9	15/04/2010	125 444,56	96616,96	128 823,28
10	17/04/2010	127 123,20	96616,96	128 823,28
11	19/04/2010	120 234,59	96616,96	128 823,28
12	23/04/2010	122 228,48	96616,96	128 823,28

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Gráfico de la demanda versus la capacidad instalada**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 34 puede verse claramente como la demanda es sobrepasa la curva de la capacidad instalada de la situación actual, mientras que la capacidad instalada de la propuesta se encuentra justamente sobre la demanda.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE COLAS

4.1. Recursos necesarios para implementar la propuesta

La implementación de la propuesta requiere de recursos importantes, los cuales cada uno debe de cumplir con cada una de las especificaciones planteadas para hacer que el modelo propuesto cumpla su objetivo.

4.1.1. Recursos técnicos

Son técnicos aquellos que sirven como herramientas e instrumentos auxiliares en la coordinación de los otros recursos, estos son parte importante de este proyecto para lograr materializar la propuesta.

4.1.1.1. Equipo necesario para la implementación de modelo de colas

Tomando como referencia las líneas de despacho (servidores) ya existentes, se enlistan los recursos técnicos utilizados para el desempeño individual de cada una de las líneas de despacho o servidores.

Una computadora: la computadora debe cumplir con las siguientes características para desempeñar efectivamente su función:

- Pentium 4 de 2,5 GHZ
- 512 de Memoria RAM
- Disco Duro de 40 GB
- Lector de CD

- Monitor CRT de 15"
- Tarjeta con puertos USB
- Dos mesas transportadoras:
- Las mesas transportadoras deben de cumplir con:
- 1 metro de alto
- 0,5 metros en el ancho (largo de los rodillos)
- 2,5 metros de largo, fabricada con acero inoxidable.
- Una Báscula:
- Capacidad de 0,05 libras a 150 libras
- Con una base de acero inoxidable de 0,5 metros x 0,5 metros
- Lector analítico
- Propuesta para trabajo en temperaturas por debajo de los 0 grados centígrados.
- Una etiquetadora:
- Etiquetas para impresora TLS 2200
- Un pallet:
- Con capacidad de carga de hasta 2000 kilogramos.

4.1.1.2. Infraestructura

La infraestructura actual cuenta con los elementos que la línea de despacho requiere para una óptima instalación y desarrollo, sin embargo al dar a conocer este recurso se menciona lo actual con lo que la empresa cuenta para el desarrollo del mismo:

- Rampa de carga
- Persiana
- Manguera de limpieza del área ocupada

4.1.1.3. Dimensiones necesarias del área de despacho

Las dimensiones del área necesaria para el despacho deben de cumplir con 3 metros de ancho por 8 metros de largo, el área actual de carga disponible no necesita ser alteradas debido a que dicha área fue diseñada y construida con 5 rampas y cuenta con el espacio suficiente como se puede observar en la figura 19 de la sección 2.6.1

4.1.1.4. Iluminación necesaria

Hay varias maneras de encarar una iluminación industrial, principalmente observamos gran cantidad de factores a tener en cuenta, que varían según el tipo de industria, el proceso de fabricación, los materiales con que se trabajan las terminaciones etc.

Para simplificar un poco y permitirnos un análisis más generalizado es que centraremos nuestra atención en características generales a las naves industriales. Esto deja abierto el camino para análisis mucho más profundos cuando la situación así lo requiere.

Generalidades

- **Protección y seguridad**
Se debe tener en cuenta si las luminarias deberán estar protegidas contra polvo o humedad u otro tipo de protecciones según los requerimientos.

- **Requerimientos ambientales**
Hay distintos tipos de ambientes que requieren protección como por ejemplo: bajas temperaturas en cámaras frigoríficas o protección contra rotura de lámparas en industrias alimenticias.
- **Nivel de iluminación**
En base a las normas IRAM-AADL 2006 en las que se indica los niveles necesarios se determino el nivel de iluminación según el tipo de industria, aunque aquí a veces es necesario fijar niveles según el tipo de tarea visual ya que en una misma nave industrial se pueden realizar tareas visuales diferentes.
- **Sistemas de iluminación**
El sistema de iluminación puede depender de varios aspectos, pero como ya dijimos para simplificar vamos a recomendar los sistemas de iluminación según el tipo de edificio.

Considerados estos aspectos podemos empezar a fijar pautas generales tanto para las luminarias como para las lámparas que podrían ser objetadas sólo en casos particulares y con su debida justificación.

Pautas para la selección de lámparas y luminarias

Luminarias

- **Alta eficiencia:** luminarias que tengan un buen rendimiento y una distribución luminosa acorde a los requerimientos según las actividades, esto trae aparejado un menor consumo.

- Luminarias apropiadas : esto implica por ejemplo con protección o sin difusor por el ensuciamiento, esto implica un menor costo de mantenimiento

Lámparas

- Buen rendimiento: lámparas con altos rendimientos lm/w darán como respuesta una menor cantidad de lámparas para lograr el mismo nivel de iluminación, como consecuencia menor consumo.
- Larga vida útil: la vida útil prolongada de las lámparas implica que serán reemplazadas con menor frecuencia y por lo tanto menor costo de mantenimiento.

Niveles de iluminación

Como ya mencionamos anteriormente a los niveles de iluminación los podemos obtener de la norma IRAM , pero también esta misma norma fija los valores según el tipo de tarea visual

Figura 35. **Niveles adecuados de iluminación según tareas realizadas**

• <i>Visión ocasional</i>	<i>100 lux</i>
• <i>Tarea intermitente , ordinaria y fácil, contraste fuerte</i>	<i>100 a 300 lux</i>
• <i>Tareas moderadamente críticas y prolongadas , contrastes medios</i>	<i>300 a 750 lux</i>
• <i>Tareas severas y prolongadas, poco contraste</i>	<i>700 a 1500 lux</i>
• <i>Tareas muy severas con detalles minuciosos</i>	<i>1500 a 3000 lux</i>
• <i>Tareas excepcionales , difíciles e importantes</i>	<i>3000 a 10000 lux</i>

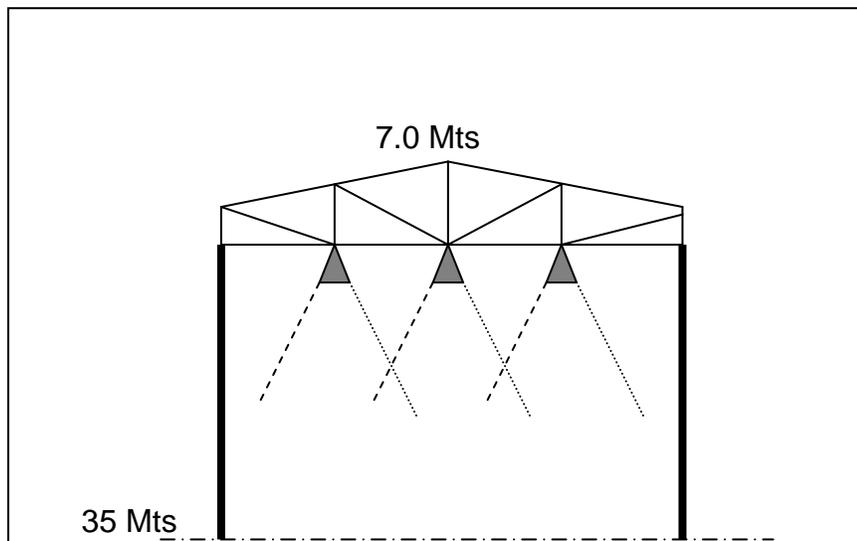
Fuente: norma IRAM (Normas técnicas de aplicación diseño).

Figura 36. **Clasificación de edificios**

Tipo de edificio	Altura	Separación entre luminarias
Edificios con oficinas de varios pisos	2,5 a 3,0 m	20
Edificios fabriles de uno o más pisos	3,0 a 4,0 m	15
Edificios fabriles de un solo piso	4,0 a 7,0 m	10
Edificios en Naves de gran altura	> a 7,0 m	10

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Vista frontal de la nave (área de despacho)**



Fuente: elaboración propia.

Iluminación necesaria

- Lámpara de 1500 Lux (tareas severas y prolongadas, poco contraste)
- Con un espacio entre cada luminaria no mayor de 10 metros
- Buena uniformidad evitando sombras por pocos puntos de luz.
- Ángulo de apertura estrecho para mejor penetración.
- Lámpara protegida, si es necesario, para evitar encandilamiento.

4.1.1.5. Ventilación óptima

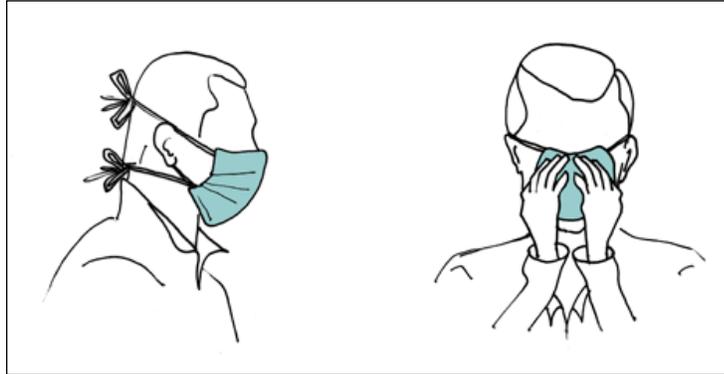
Por ser un área aislada para la conservación del aire frío, no es posible que el aire sea removido a un flujo normal. El flujo de aire no es modificable ya que este es óptimo para la conservación de la temperatura adecuada para la inocuidad de los alimentos.

4.1.1.6. Equipo de protección personal necesario

Es necesario recordar que las exigencias en cuanto al uso de equipo de protección personal necesario en la industria de alimentos es de suma importancia, por lo que se debe de velar porque este siempre se utilice y así garantizar un producto inocuo. El equipo de protección personal necesario debe ser:

- Mascarilla de algodón: se debe colocar cubriendo la nariz y boca y en todo momento ser utilizada.

Figura 38. **Uso adecuado de la mascarilla**



Fuente: imagen de Google.

- Redecilla: colocándola sin dejar cabello fuera de ella y cubriendo las orejas completamente.

Figura 39. **Uso adecuado de la redecilla**



Fuente: imagen de Google.

- Guantes de látex: deben utilizarse únicamente para un turno y ser desechado en los botes específicos de desechos de equipo.

Figura 40. **Colocación de guantes**



Fuente: imagen de Google.

- Botas de hule con suela antideslizante: deben lavarse cada vez que se ingrese al área de despacho y deben colocarse sobre las magas del pantalón.

Figura 41. **Botas de protección**



Fuente: imagen de Google.

- Abrigo impermeable con protección al frío: únicamente puede utilizarse dentro del área de despacho y debe ser lavado cada dos días.

Figura 42. **Abrigo de protección al frío**



Fuente: imagen de Google.

Medias para los pies: deben de ser utilizadas siempre para evitar humedad en los pies.

4.1.2. Recursos económicos

Los recursos económicos con los que cuenta la empresa y que se consideran indispensables para el buen funcionamiento y desarrollo de la propuesta son los presupuestados para la inversión del proyecto y son consumidos por cada uno de los recursos utilizados para la implementación del sistema.

Para efectos del caso, los recursos económicos a utilizar son estimaciones realizadas en forma general y están dados en la tabla XXXIV

Tabla XXXIV. **Recursos económicos**

No.	Recurso	Inversión estimada
1	Equipo	Q 25,000.00
2	Infraestructura	Q 0
3	Modificaciones del área de despacho.	Q 0
4	Iluminación	Q 1,000.00
5	Ventilación	Q 0
6	Equipo de protección personal	Q 3,000.00
		Q 29,000.00

Fuente: elaboración propia.

El monto total al que haciende los recursos económicos a consumir es de Q 29 000,00 estimando sobre la inversión inicial y única.

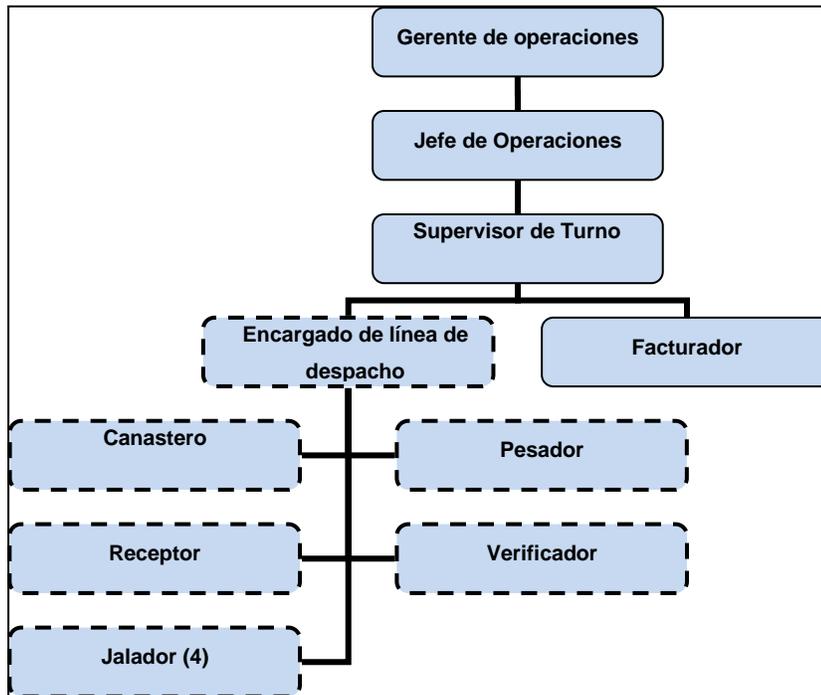
4.1.3. Recurso humano

Para que el sistema de colas óptimo pueda implementarse debe estimarse el recurso humano necesario, logrando así el resultado deseado, cada servidor debe estructurarse tomando en cuenta los perfiles previamente establecidos.

4.1.3.1. Cantidad de recurso humano necesario

El recurso humano necesario para la nueva línea de despacho es el indicado con las líneas intermitentes en la figura 43 y cuantificado en la tabla XXXV.

Figura 43. **Recurso humano involucrado directamente en el servidor**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Personal de línea de despacho**

Puesto	Cantidad
Encargado de Línea	1
Canastero	1
Pesador	1
Receptor Verificador	1
Jalador	4
Total	8

Fuente: elaboración propia.

4.1.3.2. Asignación de responsabilidades

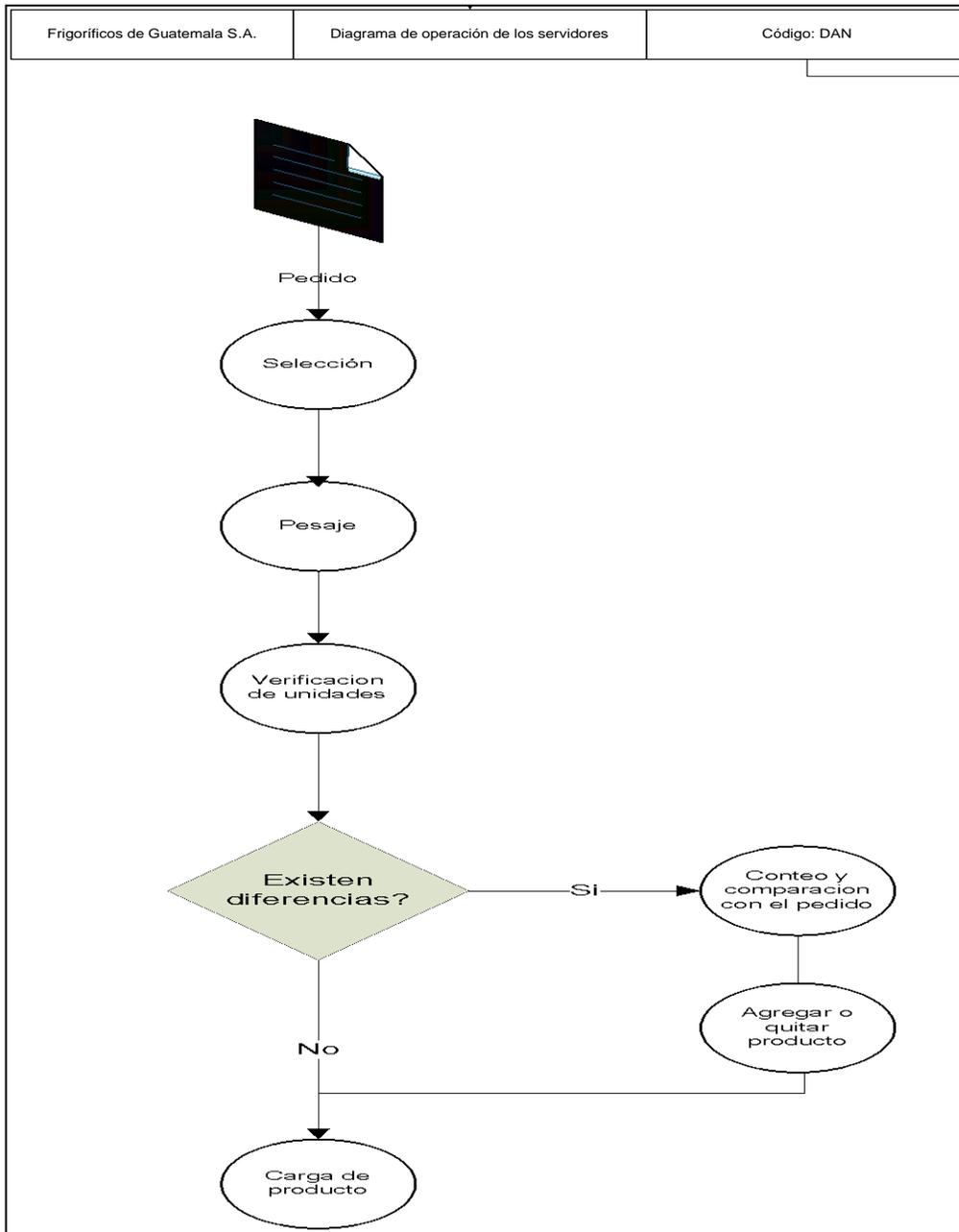
Cada una de las responsabilidades de cada uno de los puestos fue dado a conocer en la sección 3.1.4.10. En donde se describe cada uno de los puestos que conformara el servidor.

4.1.3.3. Diagrama de los servidores

Todos los servidores se compondrán de la misma forma y se plantea el diagrama de la figura 43, este diagrama muestra en las ramas punteadas la organización de cada línea de tal manera que sea estándar a las ya existentes.

Los servidores han sido estructurados de tal manera que puedan rendir eficientemente durante todo el turno de trabajo, permitiendo una carga a cada unidad en el menor tiempo posible.

Figura 44. Diagrama de la operación de los servidores



Fuente: elaboración propia.

4.1.3.4. Inducción y capacitación al puesto de trabajo

Para que la línea de despacho se implemente con efectividad se propone que de las otras líneas de despacho se tome el personal y el que se contratara sea distribuido en los puestos disponibles por la formación de la nueva línea (servidor).

Con esta distribución se reducen los tiempos de capacitación para el puesto.

La inducción se deja a criterio del Departamento de Recursos Humanos y se propone que entre el programa de capacitación sean tomado en cuenta los siguientes aspectos:

- Buenas prácticas de manufactura
- Uso adecuado del equipo de protección personal

4.1.4. Hojas de control y registros del proceso de despacho

La implementación de las hojas de control permitirá determinar que la demanda es continuamente satisfecha con la capacidad instalada mejorar con el nuevo sistema de colas.

Es necesario velar porque el equilibrio entre la demanda de carga y la capacidad de carga se mantenga y al mismo tiempo determinar las causas que también afecte al sistema.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Verificación del desempeño del modelo

Es necesario darle seguimiento al desempeño del modelo para lograr una mejora continua en el proceso, no solo al momento de la implementación de un óptimo sistema, sino durante todo su desarrollo para conseguir mejores resultados.

5.1.1. Definición de indicadores de productividad del modelo

La productividad evalúa la capacidad del sistema para satisfacer la demanda en las operaciones de despacho y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir el valor para poder incrementar el valor agregado se hace necesario tener la capacidad de lo que el mercado (cliente) valora y hacerlo con el menor consumo de recursos, lo cual permitirá reducir los costos y por ende incrementar los beneficios, haciendo a nuestra organización más productiva.

Existen tres criterios comúnmente utilizados en la evaluación del desempeño de un sistema, los cuales están muy relacionados con la productividad:

Eficiencia: se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones o cumplimiento de actividades con dos acepciones: la primera, como la relación entre la cantidad de tiempo utilizado y la cantidad de despachada.

Efectividad: es la relación entre los resultados logrados y los resultados propuestos, este indicador permite medir el grado de cumplimiento de los objetivos planificados.

La eficacia es la relación entre la carga teórica programada para realizar en x tiempo y la carga real realizada en x tiempo con el óptimo consumo de recursos necesarios.

5.1.2. Auditoria al cumplimiento del proceso de despacho

La revisión del proceso deberá realizarse mediante auditorías internas realizadas por el departamento de calidad, tomando como base los procesos establecidos por el Departamento de Despacho y se deberá evaluar el cumplimiento del uso del equipo establecido como necesario para el desempeño de las labores en cada servidor.

5.1.3. Auditoria de los controles del proceso

Se propone crear un programa de auditorías en la cual se pueda determinar el cumplimiento de los controles y el comportamiento de los indicadores de productividad establecidos

5.1.4. Análisis del resultado de las auditorias

Los resultados de las auditorias deberán ser analizados y dados a conocer a la alta dirección para que se tomen las acciones necesarias según sea el caso.

5.1.5. Cumplimiento del balance entre la capacidad instalada y la demanda

Para determinar el cumplimiento del balance deseado con el sistema propuesto, se tomara como referencia el resultado del indicador de capacidad de carga por turno entre la demanda diaria y se verificará periódicamente según lo establezca la alta dirección.

5.2. Acciones correctivas

Todo proceso presenta ciertas variaciones en sus comportamiento por lo tanto es necesario tomar en cuenta que se debe estar preparado para controlar estas variaciones mediante acciones correctivas.

5.2.1. Definición de acciones correctivas a tomar

Las acciones correctivas a tomar deberán ser tratadas por el dueño del proceso y el departamento de calidad quien es el responsable de realizar las auditorias al sistema. Las acciones correctivas dependerán de la inconformidad encontrada y

5.3. Acciones preventivas

Las acciones correctivas están directamente relacionadas con el mejoramiento continuo, con el fin de conservar la eficiencia y la efectividad del sistema propuesto.

Por lo anterior, es necesario desarrollar aplicaciones que permitan optimizar los procesos, desde que surge una no conformidad hasta que se

llevan a cabo las correcciones y prevenciones necesarias para eliminarla; permitiendo así, el mantenimiento del sistema.

- Facilita el seguimiento y la aplicación de las acciones correctivas que se deben llevar a cabo cuando se presentan no conformidades en el sistema.
- Permite la comunicación en línea y en tiempo real de las necesidades de acciones correctivas en el sistema.
- Mantiene disponible la información de las acciones correctivas que deben aplicar los usuarios.
- Maneja los estados de una acción correctiva.
- Permite consultar el listado de acciones correctivas con el responsable y el estado en que se encuentra.
- Identifica el nivel de responsabilidad que tiene un usuario dentro de la aplicación de una acción correctiva correspondiente.
- Controla el tiempo definido para llevar a cabo una acción correctiva.

5.4. Propuestas de mejora del sistema de colas

Con los datos obtenidos se ha determinado que para mejorar el sistema de colas, gran parte de las propuestas de mejora deben provenir del personal que mas conoce de las operaciones de despacho por lo que se atendieron todas las opiniones y sugerencias del personal operativo y administrativo del Departamento de Despacho y se dan a conocer en el siguiente punto.

5.4.1. Lluvia de ideas

Se han considerado como propuestas importantes y principales las ideas proporcionadas por quien más conoce del sistema, el personal que conforma cada uno de los servidores existentes.

- Implementar una clasificación de producto en bodega para reducir los tiempos de selección
- Implementar bandas transportadoras automáticas
- Entregar con un mayor tiempo previo, el pedido de venta para una selección del producto.
- Capacitar al personal en servicio al cliente
- Dar a conocer a todo el personal el programa de carga
- Capacitar al personal en trabajo en equipo
- Dar premios a al servidor más eficiente y efectivo.

5.4.2. Diagramas de pescado

El diagrama causa y efecto también es conocido como diagrama de espina de pescado, el cual sirve como herramienta para el análisis de problemas junto con sus posibles soluciones.

¿Qué es? el diagrama causa efecto es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado.

Características: muestran las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara y precisa.

Muestra las posibles interrelaciones causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio.

Permite lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser conscientes de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Sólo cuando estas

teorías son contrastadas con datos, se pueden probar las causas de los fenómenos observables.

Ejemplo: proceso para elaborar el diagrama:

Definir el efecto cuyas causas han de ser determinadas.

Dibujar el eje central y colocar el efecto dentro de un rectángulo al extremo derecho del eje.

Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio.

Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama.

Añadir causas para cada rama principal.

Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas.

Comprobar la validez lógica de cada cadena causal y hacer eventuales correcciones.

Comprobar la integración del diagrama.

Conclusión y resultado.

Problemas de interpretación: confundir los datos ordenados de este diagrama con los datos reales. Con éste se desarrollan teorías, pero no sustituye la comprobación empírica.

Construir diagrama sin análisis previo de los síntomas del fenómeno en estudio.

Deficiencias en el enunciado.

Deficiencias de identificación y clasificación de las causas principales.

Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante.

Utilidades: para compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa efecto.

Para obtener teorías sobre relaciones de causa efecto en un proceso lógico pasó a paso.

Estructurar ideas dispersas como resultado de lluvia de ideas.

CONCLUSIONES

1. La capacidad instalada del sistema actual es de 12 077,12 libras/hora mientras que la capacidad instalada con el sistema de colas propuesto es de 16 102,91 libras/hora, el aumento de un servidor al sistema actual aumenta significativamente la capacidad instalada.
2. El modelo de colas más adecuado a las actividades de la empresa es el de un canal con una fase manteniendo la estructura actual de cada servidor y aumentando un servidor, siendo estos 4 en total; este modelo presenta el menor costo de operación, un aumento significativo en la capacidad instalada del Departamento de Despacho y mayor satisfacción del cliente por no esperar.
3. La demanda con la que es capaz de satisfacer por turno el sistema de colas propuesto, es igual a la capacidad instalada por hora multiplicada por el total de horas efectivas trabajadas en la jornada de trabajo; como a continuación se calcula:
16 102,91 Libras/horas o 128 823,28 Libras/turno (8 horas)
4. El costo actual de operación es de Q3 663,9/turno mientras que el costo de operación con la propuesta es de Q2 209,17/turno, la diferencia del costo actual con el propuesto es de Q1 454,20/turno, diferencia que beneficia a la empresa y que en gran parte es generada por la reducción del costo de espera de cada uno de los clientes en cola y de no utilizar horas extras para satisfacer la demanda de carga en el turno.

5. Las características ideales para el óptimo funcionamiento del sistema de colas propuesto tratan de describir el entorno ideal el cual se puede desarrollar eficazmente en el sistema de recurso técnico, humano e infraestructura, permitirán implementar y desarrollar el sistema de colas propuesto.
6. Es importante la asignación de funciones para cada unos de los puestos que intervienen en el servidor. En donde cada persona conozca sus funciones para evitar atrasos por falta de conocimiento ante la toma de decisiones y mala coordinación.
7. Según lo observado no se proporciona una capacitación constante de las buenas prácticas de manufactura e inocuidad de los alimentos, la cual ayudaría en la reducción de tiempo de espera generado por acciones correctivas, tomadas por el Departamento de Calidad ante las no conformidades encontradas durante el despacho.
8. Actualmente no está establecida una clasificación y distribución del producto en bodega, la cual beneficiaría en la reducción del tiempo de búsqueda de producto terminado.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el modelo de colas propuesto para obtener un ahorro significativo en el costo de la operación de despacho sin afectar la calidad de servicio.
2. Evaluar y monitorear periódicamente el modelo de colas propuesto para determinar si cumple con los resultados deseados.
3. Ayudaría mucho a los propósitos de la empresa, la capacitación del personal en materia de servicio a clientes, para poder prestar una mejor atención al momento de realizar el despacho.
4. Es importante que la evaluación que se hace del sistema se realice mediante un índice de satisfacción del cliente de una forma mensual y continua, para determinar la percepción que los clientes tienen del servicio que la empresa presta y encontrar oportunidades para mejorar.
5. La realización de la auditoría de servicio debe reflejar verdaderamente la situación actual de la empresa en cuanto a servicio al cliente se refiere.
6. Es necesario hacer un estudio del sistema de colas por lo menos una vez al año, ya que el número de clientes en el sistema es variable.
7. Proveer al personal de todo el equipo de protección personal al momento del ingreso a las cámaras frías para mantener el rendimiento del personal durante la jornada de trabajo.

8. Dar premios a cada uno de los servidores si cumplen con la capacidad instalada de 128 823,28 libras/turno.
9. Implementar las bandas transportadoras automáticas para minimizar los tiempos de despacho.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE, Iván. *Curso didáctico teoría de colas*. Ecuador: Universidad de Azuay, 2003. 67 p.
2. APOPA SOTO, Werner. *Propuesta de optimización de servicio de despacho a través de la mejora del sistema de colas de una fábrica de alimentos balanceados para animales*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 77 p.
3. BAUTISTA, J, COROMINAS A. *Teoría de Colas y simulación*. España: Universidad de Barcelona, 1996. 300 p.
4. CATÚ, Edwin Humberto. *Análisis del trabajo de graduación sistema de colas del centro de salud de Chichicastenango para mejorar el servicio*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 98 p.
5. EPPEN, G.D. *Investigación de operaciones en la ciencia administrativa*. 5a ed. México: Prentice-Hall, 2000. 305 p.

6. HERNÁNDEZ, Kenneth Douglas. *Mejoramiento del tráfico de productos por medio de un sistema de líneas de espera en el área de distribución de una empresa dedicada a la confección*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 130 p.
7. MOSKOWITZ, H, WRIGHT, G.P. *Investigación de operaciones*. 3ra ed. Estados Unidos: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1991. 250 p.
8. TAHA, Hamdy A. *Investigación de operaciones*. 7a edición. México: Prentice-Hall, 2002. 579 p.
9. WINSTON, Wayne. *Investigación de operaciones, aplicaciones y Algoritmos*. 4a ed. México: Iberoamérica, 1994. 280 p.

APÉNDICE

Apéndice A

Tabla A-I. Control de llegadas de clientes al sistema 12/12/2009

No.	Hora de llegada	No.	Hora de llegada
1	06:45	19	08:25
2	06:47	20	09:15
3	06:50	21	09:24
4	06:53	22	09:34
5	06:55	23	09:38
6	06:58	24	09:54
7	07:01	25	10:13
8	07:08	26	10:21
9	07:15	27	10:29
10	07:21	28	10:31
11	07:28	29	10:40
12	07:32	30	11:02
13	07:44	31	11:10
14	08:07	32	11:30
15	08:12	33	11:35
16	08:04	34	11:43
17	08:20	35	11:55
18	08:20	36	12:05
$\lambda = 8,2$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-II. Control de llegadas de clientes al sistema 14/12/2009

No.	Hora de llegada	No.	Hora de llegada
1	06:30	19	09:05
2	06:35	20	09:08
3	06:50	21	09:08
4	06:53	22	09:34
5	07:00	23	09:38
6	07:05	24	10:04
7	07:05	25	10:13
8	07:05	26	10:21
9	07:20	27	10:29
10	07:21	28	10:31
11	07:30	29	10:40
12	08:00	30	11:02
13	08:00	31	11:10
14	08:07	32	11:30
15	08:20	33	11:35
16	08:29	34	11:30
17	08:45		
18	08:50		
$\lambda = 8,00$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-III. Control de llegadas de clientes al sistema 15/12/2009

No.	Hora entrada	No.	Hora entrada
1	06:30	20	09:15
2	06:39	21	09:23
3	06:46	22	09:30
4	06:49	23	10:33
5	06:55	24	10:50
6	06:55	25	10:55
7	07:15	26	10:59
8	07:28	27	10:59
9	07:30	28	11:01
10	07:45	29	11:24
11	07:47	30	11:39
12	07:52	31	11:40
13	07:55	32	11:50
14	08:21	33	11:52
15	08:33	34	11:56
16	08:51	35	12:04
17	08:51	36	12:13
18	08:58	37	12:33
19	09:08		
$\lambda = 7,7$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-IV. Control de llegadas de clientes al sistema 17/12/2009

No.	Hora entrada	No.	Hora entrada
1	06:18	15	08:52
2	06:24	16	09:17
3	06:27	17	09:20
4	06:32	18	09:38
5	06:35	19	09:48
6	06:38	20	09:58
7	06:45	21	09:59
8	06:56	22	10:07
9	07:02	23	10:07
10	07:31		
11	07:38		
12	07:51		
13	07:55		
14	08:19		
15	08:25		
16	08:33		
$\lambda=8,1$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-V. Control de llegadas de clientes al sistema 22/12/2009

No.	Hora entrada	No.	Hora entrada
1	06:56	19	09:35
2	07:03	20	09:51
3	07:22	21	10:01
4	07:45	22	10:10
5	07:59	23	10:17
6	08:04	24	10:22
7	08:10	25	10:32
8	08:23	26	10:35
9	08:28	27	10:37
10	08:34	28	10:38
11	08:47	29	10:51
12	08:53	30	11:16
13	09:09	31	11:21
14	09:13	32	11:33
15	09:23	33	11:38
16	09:30	34	11:45
17	09:33	35	
18	09:33	36	
$\lambda=7,6$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-VI. Control de llegadas de clientes al sistema 23/12/2009

No.	Hora entrada	No.	Hora entrada
1	07:02	16	10:05
2	07:10	17	10:08
3	08:12	18	10:17
4	08:19	19	10:37
5	08:32	20	10:40
6	08:49	21	11:07
7	09:14	22	11:16
8	09:21	23	11:25
9	09:35	24	11:26
10	09:41	25	11:29
11	09:44	26	11:30
12	09:46	27	11:45
13	09:48	28	11:49
14	09:59	29	11:49
15	10:59		
$\lambda=8,4$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-VII. Registro de tiempos de servicio del día 23-01-10

No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:10	07:38	88
2	07:25	09:25	120
3	07:10	08:02	52
4	07:16	08:43	87
5	07:22	09:54	152
6	07:38	09:23	105
7	07:38	09:41	123
8	08:11	10:25	134
9	08:13	09:32	79
10	08:35	10:00	85
11	09:07	10:35	88
12	09:38	11:05	87
13	09:35	10:05	30
14	09:40	10:39	59
15	10:00	11:00	60
16	10:10	11:16	66
17	10:30	12:55	145
18	10:50	12:20	90
19	11:12	12:00	48
20	11:25	12:15	50
21	12:00	12:35	35
22	12:15	13:05	50
$\mu=4,91$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-VIII. Registro de tiempos de servicio del día 28/05/07

No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:05	07:25	85
2	07:05	09:02	117
3	07:15	09:04	109
4	07:15	08:40	85
5	07:15	08:17	62
6	07:00	11:35	275
7	07:00	09:37	157
8	07:20	08:50	90
9	07:40	08:00	20
10	08:40	09:45	65
11	08:51	09:50	59
12	09:05	10:54	109
13	09:30	10:26	56
14	09:30	10:35	65
15	10:00	11:25	85
16	10:00	11:50	110
17	09:32	11:16	104
18	11:15	12:16	61
19	11:05	12:01	56
20	11:26	12:06	40
21	11:30	12:10	40
22	11:45	12:15	30
$\mu=4,25$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-IX. Registro de tiempos de servicio del día 11-06-07

No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:00	08:39	99
2	07:10	07:39	29
3	07:10	08:27	77
4	07:10	09:18	128
5	07:15	08:30	75
6	07:18	08:43	85
7	07:53	09:40	107
8	07:50	09:37	107
9	08:02	09:00	58
10	08:36	09:25	49
11	08:37	09:40	63
12	09:00	09:50	50
13	10:55	11:50	55
14	10:30	11:35	65
15	11:57	12:50	53
$\mu=2,57$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-X. Registro de tiempos de servicio del día 12-06-07

No.	Hora de entrada	Hora de salida	T de servicio (min.)
1	06:50	07:45	55
2	06:10	07:01	51
3	08:05	09:51	106
4	07:10	08:30	80
5	07:28	08:38	70
6	07:02	08:43	101
7	07:24	08:55	91
8	07:15	07:45	30
9	07:45	09:05	80
10	08:00	08:32	32
11	08:35	10:07	92
12	08:51	10:00	69
13	08:53	10:35	102
14	09:00	09:45	45
15	09:53	10:30	37
16	10:30	12:00	90
$\mu=3,09$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-XI. Registro de tiempos de servicio del día 13-06-07

No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	07:11	09:08	117
2	07:09	08:15	66
3	07:14	08:36	82
4	07:28	09:29	121
5	07:13	09:51	158
6	07:00	13:10	370
7	07:16	10:32	196
8	08:20	09:35	75
9	08:59	10:05	66
10	09:33	11:45	132
11	09:25	10:10	45
12	09:38	11:40	122
13	09:47	11:29	102
14	10:15	11:00	45
15	10:15	10:55	40
16	10:10	13:10	180
$\mu=2,66$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.

Tabla A-XII. Registro de tiempos de servicio del día 14-06-07

No.	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio (min.)
1	06:15	06:40	25
2	07:00	08:21	81
3	07:02	08:22	80
4	06:45	07:45	60
5	07:15	09:30	135
6	07:10	09:25	135
7	06:45	07:45	60
8	07:10	09:28	138
9	07:54	11:00	186
10	08:25	09:13	48
11	08:40	09:16	36
12	09:35	10:20	45
13	09:30	10:11	41
14	10:17	11:12	55
15	11:07	12:05	58
16	10:30	12:06	96
17	10:53	12:15	88
18	10:20	11:20	60
19	10:35	11:05	30
20	11:15	12:15	60
$\mu=3,33$ clientes/hora			

Fuente: elaboración propia.