



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

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.

Mario Roberto Camposeco Aguirre

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ROBERTO CAMPOSECO AGUIRRE

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de septiembre de 2015.

Mario Roberto Camposeco Aguirre



Guatemala, 02 de mayo de 2017.
REF.EPS.DOC.308.05.17.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

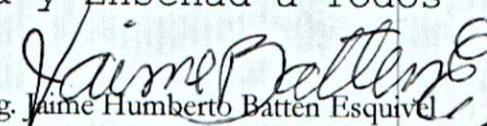
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Mario Roberto Camposeco Aguirre, Registro Académico No. 201020463** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A..**

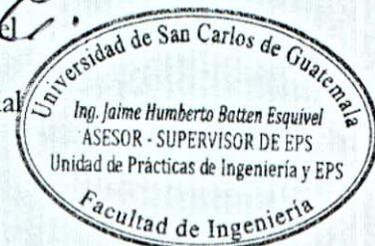
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 02 de mayo de 2017.
REF.EPS.D.117.05.17

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director a. i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

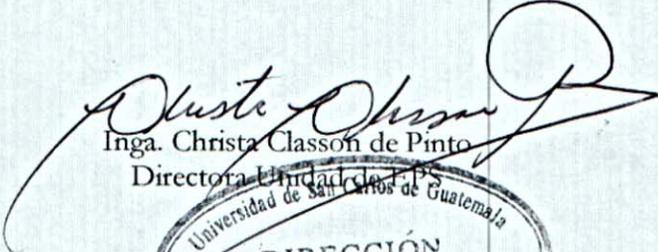
Estimado Ing. Gómez:

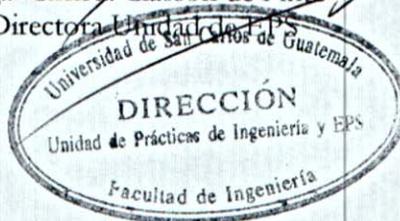
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Mario Roberto Camposeco Aguirre** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.050.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Mario Roberto Camposeco Aguirre**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2017.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.071.017

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 **DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Mario Roberto Camposeco Aguirre**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

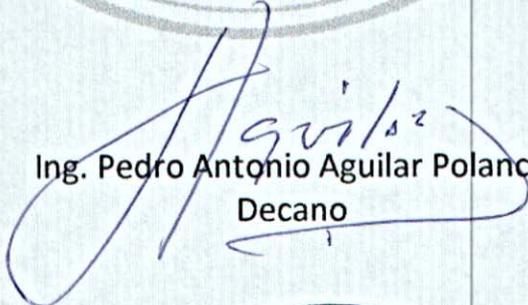


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 251.2017

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: **DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TEORÍA DE COLAS EN INGENIO MAGDALENA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Roberto Camposeco Aguirre**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Señor de Esquipulas

Por guiarme en el camino correcto, permanecer a mi lado desde siempre, permitiéndome la vida para culminar este sueño.

Mi papá

Roberto Camposeco, quien con su experiencia, profesionalismo y apoyo incondicional me condujo a ser una persona perseverante en el logro de mis objetivos.

Mi mamá

Blanca Aguirre, por el gran esfuerzo y sacrificio que realizó cada día en esta etapa tan importante de mi vida, brindándome lo necesario y lo mejor para salir adelante.

Mis hermanos

Victor y Juan Camposeco, por ser mis compañeros de vida que me permitieron saber lo que es una familia unida. Sus consejos, apoyo y, sobre todo, su compañía me han brindado seguridad y fortaleza.

Mi novia

Erika Valencia, una mujer maravillosa a quien admiro mucho y que Dios colocó en mi camino. Ella, por su apoyo incondicional y amor verdadero, es mi inspiración para alcanzar cualquier meta.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por haberme brindado la vida y una familia llena de amor, acompañarme a donde quiera que vaya sin soltar mi mano y permitiéndome terminar este largo camino.

Mis padres

Por el gran ejemplo que han sido en mi vida y por motivarme a ser mejor en lo que hago; que nunca dejaron a un lado los valores que me han inculcado y que hoy en día me caracterizan. Siempre estaré agradecido con ustedes por ser quien soy ahora y por todo lo que me han brindado.

Mis hermanos

Por ser los mejores compañeros de vida que Dios me pudo dar; aconsejándome y alentándome en todo este proceso. Agradezco su amor y por estar siempre pendiente de mí.

Mi novia

Por la compañía incondicional que me has brindado desde que te conocí y el apoyo en los momentos más importantes y difíciles de mi vida, compartiendo todas mis alegrías y tristezas. Eres espectacular.

Mi cuñada y sobrinos	Claudia Paéz, Roberto Alejandro y Camilia Camposeco; por su apoyo y las alegrías que me han dado.
Ing. Jaime Batten	Por el apoyo y la asesoría profesional en el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de prepararme en la carrera que tanto desee y cumplirla con mucha dedicación y esfuerzo.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos técnicos necesarios para ser un profesional competente en la rama de la ingeniería industrial.
Ingenio Magdalena, S. A.	Por permitirme la oportunidad de pertenecer a una de las empresas nacionales más grandes del país y el mayor productor centroamericano de azúcar.
Todos	Los que brindaron el tiempo necesario para leer detenidamente este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE INGENIO MAGDALENA, S. A.....	1
1.1. Datos generales	1
1.1.1. Localización	1
1.1.2. Antecedentes.....	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores	3
1.1.6. Política de calidad.....	3
1.1.7. Objetivo de calidad	4
1.1.8. Productos.....	4
1.1.9. ISO 9001 : 2008.....	5
1.2. Estructura organizacional	6
1.2.1. Funciones principales	7
1.2.2. Organigrama MAGRISA	8

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN EL INGENIO MAGDALENA, S. A.....	11
2.1.	Diagnóstico	11
2.1.1.	Recopilación de antecedentes históricos	12
2.1.2.	Diagrama de causa y efecto.....	13
2.1.3.	Descripción del problema	15
2.1.4.	Características del proceso	18
2.1.4.1.	Fuentes de entrada	18
2.1.4.2.	Patrón de llegadas de clientes	19
2.1.4.3.	Patrones de servicios de tandems	20
2.1.4.4.	Disciplina de la cola.....	22
2.1.4.5.	Capacidad del sistema	23
2.1.4.6.	Servicio.....	24
2.1.4.7.	Configuración del sistema de servicio	25
2.1.4.8.	Número de canales de servicio	26
2.1.4.9.	Costo de servicio	27
2.1.4.10.	Costo de espera	27
2.1.5.	Patio de intercambio.....	28
2.1.5.1.	Esquema actual del área de patio de intercambio.....	29
2.1.6.	Metodología.....	30
2.1.7.	Cálculos numéricos	30
2.1.8.	Análisis de datos	30
2.1.9.	Determinación de factores en el sistema de colas actual.....	30

	2.1.9.1.	Factor de utilización.....	31
	2.1.9.2.	Resultados.....	31
2.2.		Propuesta de mejora	33
	2.2.1.	Esquema propuesto del área del patio de intercambio	33
	2.2.2.	Diseño de un modelo de transporte óptimo	34
	2.2.2.1.	Tasa promedio de llegadas	35
	2.2.2.2.	Tasa promedio de servicio.....	35
	2.2.2.3.	Disciplina de la cola.....	35
	2.2.2.4.	Probabilidad que el sistema este desocupado	35
	2.2.2.5.	Probabilidad que un camión arribe y tenga que esperar.....	36
	2.2.2.6.	Tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema.....	37
	2.2.2.7.	Tiempo promedio que cada cliente permanece en la cola	38
	2.2.2.8.	Longitud promedio de la cola.....	38
	2.2.2.9.	Número de clientes promedio en el sistema	39
	2.2.2.10.	Factor de utilización.....	40
	2.2.2.11.	Probabilidad de un número específico de clientes en el sistema	41
	2.2.2.12.	Estimación de costos para el método propuesto.....	43
	2.2.3.	Comparación de resultados del método actual y método propuesto.....	44
	2.2.4.	Análisis de costos	45
	2.2.4.1.	Inversión inicial	45

	2.2.4.2.	Costos de operación	46	
		2.2.4.2.1.	Costos fijos.....	46
		2.2.4.2.2.	Costos variables.....	47
	2.2.5.	Productividad del sistema.....	47	
	2.2.6.	Sistema propuesto	48	
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO EN EL CONSUMO DE PAPEL EN EL DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS.....		51	
3.1.	Situación actual del uso de papel.....		51	
	3.1.1.	Herramientas de diagnóstico para conocer el consumo de papel	52	
3.2.	Actividades con mayor consumo de papel		54	
	3.2.1.	Identificación de la problemática	54	
	3.2.2.	Consumo de papel	55	
3.3.	Impacto ambiental previo a determinar la propuesta de un plan de ahorro		59	
	3.3.1.	Cálculo del impacto ambiental.....	60	
3.4.	Plan de ahorro propuesto		60	
	3.4.1.	Regla de las tres erres	61	
		3.4.1.1.	Reducir	62
		3.4.1.2.	Reutilizar	66
		3.4.1.3.	Reciclar	67
		3.4.1.4.	Automatización de actividades	68
3.5.	Impacto ambiental luego de proponer el plan de ahorro		70	
3.6.	Costo del plan de ahorro		71	

4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LA IMPORTANCIA DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE ESPERA	73
4.1.	Planeación de capacitación	74
4.1.1.	Análisis de la situación	74
4.1.2.	Elección de los medios de capacitación	76
4.2.	Organización de la capacitación.....	77
4.2.1.	Diseño del plan de capacitación	77
4.2.2.	Diseño del programa de capacitación.....	78
4.2.3.	Definición de objetivos de la capacitación	79
4.2.4.	Análisis de disponibilidad de recursos	80
4.2.4.1.	Instalaciones.....	80
4.2.4.2.	Horarios de personal	81
4.2.4.3.	Material de apoyo	82
4.2.4.4.	Facilitadores	82
4.2.5.	Divulgación del plan de capacitación.....	82
4.2.6.	Desarrollo de las capacitaciones	83
4.2.6.1.	Preparación del material de apoyo	83
4.2.6.1.1.	Elaborar presentación ..	83
4.2.6.1.2.	Impresión de afiches	84
4.2.6.1.3.	Elaborar folleto informativo	85
4.2.6.2.	Ejecución de capacitaciones.....	86
4.2.6.2.1.	Registro de asistencia ..	88
4.2.7.	Evaluación de efectividad de la capacitación	90
4.2.7.1.	Evaluación del capacitador.....	90
4.2.7.2.	Evaluación del personal.....	94
4.2.8.	Acciones a tomar	95

CONCLUSIONES.....97
RECOMENDACIONES99
BIBLIOGRAFÍA..... 101
APÉNDICES..... 103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización Ingenio Magdalena, S. A.	1
2.	Organigrama general de MAGRISA	9
3.	Diagrama causa y efecto.....	15
4.	Diagrama de Pareto	18
5.	Configuración del sistema	26
6.	Tarifario de la maquinaria 14-15	28
7.	Esquema actual del patio de intercambio.....	29
8.	Esquema propuesto del patio de intercambio	34
9.	Distribución de Poisson teórica	42
10.	Encuesta para el uso del papel en el Departamento de Administración de Recursos.....	52
11.	Gráfico núm. total de hojas utilizadas: zafra vs reparación	59
12.	Rótulo de concientización	65
13.	Caja plástica para almacenamiento de papel a usar.....	66
14.	Caja de plástico para almacenaje de papel a reutilizar	67
15.	Contenedor de reciclaje	68
16.	Pirámide de necesidades	76
17.	Planificación de capacitación	78
18.	Programa de capacitación.....	79
19.	Sala núm. 1 MAGRISA.....	81
20.	Afiche informativo.....	84
21.	Folleto informativo	85
22.	Ejecución de capacitación 1	87

23.	Ejecución de capacitación 2	88
24.	Hoja de control de asistencia	89
25.	Formato de evaluación del evento de la capacitación	91
26.	Formato de evaluación efectiva de la capacitación.....	92
27.	Gráfica de efectividad de la capacitación.....	95

TABLAS

I.	Información recabada del transporte de caña.....	13
II.	Descripción de deficiencias	16
III.	Frecuencia y porcentaje acumulado de deficiencias.....	17
IV.	Resumen de llegadas al patio de intercambio	19
V.	Resumen de tiempos para tasa de servicio	21
VI.	Capacidad total del sistema	24
VII.	Costos de un tándem.....	27
VIII.	Resultados del modelo del sistema actual.....	32
IX.	Probabilidad de ocurrencias por unidad de tiempo	41
X.	Comparación de factores de método actual y método propuesto	44
XI.	Descripción de inversión (cifras en quetzales).....	46
XII.	Costo de mano de obra (cifras en quetzales)	46
XIII.	Costos por mantenimientos en tándem (cifras en quetzales)	47
XIV.	Porcentaje de cumplimiento del tiempo de ciclo de transporte	48
XV.	Colaboradores de oficina del Departamento de Administración de Recursos.....	55
XVI.	Número de hojas utilizadas por colaborador para fotocopias e impresiones durante el período de zafra.....	56
XVII.	Número de hojas utilizadas por colaborador para fotocopias e impresiones en el período de reparación.....	57
XVIII.	Fundamentos para el plan de las tres erres.....	61

XIX.	Beneficios en la reducción del consumo de papel	63
XX.	Costos para el plan de ahorro	71
XXI.	Horario de la capacitación	82
XXII.	Resultados de la evaluación	93
XXIII.	Evaluación del evento de capacitación	93

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ρ	Factor de utilización
Lq	Número de clientes promedio en la cola
Ls	Número de clientes promedio en el sistema
Po	Probabilidad que el sistema se encuentre vacío en determinado tiempo
Pw	Probabilidad que un cliente llegue al sistema y deba esperar
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, cola y servicio

GLOSARIO

Caña de azúcar	Gramínea tropical, en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, que al ser extraído y cristalizado se produce el azúcar.
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.
Factor de utilización	Fracción promedio del tiempo que el sistema se encuentre ocupado.
FIFO	Acrónimo en inglés que significa “primero en entrar, primero en salir” utilizado en estructura de datos, inventarios y teoría de colas.
Frente de cosecha	Unidades de abastecimiento de caña de azúcar.
Línea de espera	Efecto resultante en un sistema, cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio.
Modelo M/M/S	Modelo multicanal, en el que dos o más servidores están disponibles para brindar un servicio a los clientes que arriban a un sistema.

Oficina verde	Estrategia de autogestión ambiental que busca en instalaciones físicas y procesos administrativos; se reflejen políticas y principios de cuidado ambiental y conservación de los recursos.
Patio de intercambio	Área establecida para el almacenaje y resguardo de equipo cargado de caña de azúcar; desenganche de cabezales de equipos llenos y enganche de equipos vacíos a cabezales.
Reparación	Período que comprende a todo el proceso de reparación y mantenimientos de la maquinaria utilizada en la cosecha de caña de azúcar.
Tandem	Es la configuración de un conjunto de molinos destinados a extraer la mayor cantidad de jugo de fibra de caña.
Teoría de colas	Estudio matemático de las líneas de espera que se crean a partir de la demanda de un servicio por parte de clientes.
Tiempos de espera	Tiempo que el cliente permanece en cola demandando un servicio.
Zafra	Período que dura la cosecha e industrialización de la caña de azúcar.

RESUMEN

Ingenio Magdalena es una compañía eminentemente agrícola cuya principal actividad es el cultivo de caña como materia prima para la producción de azúcar para consumo doméstico e industrial. También, se dedica a la producción de alcohol industrial, generación de energía eléctrica y biofábrica para la reproducción de plantaciones.

El informe inicia con una presentación de las generalidades de la organización, describiendo cada uno de los elementos que conforman la planeación estratégica para el cumplimiento de sus objetivos.

Seguidamente, se muestra la fase de servicio técnico profesional, en la que se presenta la descripción de la situación actual, diagnóstico y propuesta de mejora mediante la aplicación de técnicas de ingeniería.

Posteriormente, aparece la fase de investigación donde se implementará una estrategia de sustentabilidad, mediante la aplicación de una oficina en verde en el departamento de administración de recursos, para promover el buen manejo de los recursos de la empresa.

Finalmente, se presenta la fase de docencia donde se ejecuta el plan de capacitación; enfocándose en temas de principal relevancia como la reducción de los tiempos de espera y de servicio en el área de transporte de caña de azúcar.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de transporte de caña de azúcar para satisfacer las necesidades del mercado, mediante la aplicación de teoría de colas en el patio de intercambio.

Específicos

1. Realizar una mejora en el proceso de llegada de unidades cañeras, estableciendo un esquema de reubicación para entradas y salidas con el objeto de evitar atrasos de ingresos al patio de intercambio.
2. Determinar los factores requeridos para el sistema de colas actual en el proceso de transporte de caña, identificando deficiencias y oportunidades de mejora en el proceso.
3. Establecer el modelo adecuado de teoría de colas que permita la reducción de tiempos de espera y de servicio, sin afectar el cumplimiento de la molienda total de la caña de azúcar.
4. Efectuar un análisis comparativo de resultados de ambos métodos que demuestre los beneficios de contar con un modelo de colas apropiado para el proceso de transporte de caña.

5. Proponer una mejora en el consumo de papel en el Departamento de Administración de Recursos, estableciendo un plan de ahorro que permita la reducción de dicho recurso, aplicando producción más limpia.

6. Capacitar al personal de transporte de caña sobre la importancia en la reducción de tiempos de espera y de servicio mediante un efectivo plan de capacitación.

INTRODUCCIÓN

Magdalena desarrolla y comercializa productos alimenticios, agrícolas y energéticos; comprometido con la sostenibilidad del negocio, el desarrollo social y medio ambiental. Con 33 años de historia, Magdalena se ha transformado en el mayor productor centroamericano de azúcar y el segundo en América Latina; cuenta con la refinería más grande del mundo anexa a un ingenio. También, es el tercer generador de energía eléctrica del país y un importante productor de alcohol a nivel internacional.

El primer capítulo presenta las generalidades de la organización: localización, antecedentes históricos, estructura organizacional y la planeación estratégica, que describe los elementos fundamentales que conforman el proceso de planeación de la empresa.

El segundo capítulo ofrece la fase técnico profesional del proyecto mediante el análisis de la situación actual, diagnóstico y la propuesta de mejora aplicando la teoría de colas como herramienta ingenieril para la organización.

El tercer capítulo contiene la fase de investigación, la cual está dirigida a la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva (producción más limpia) para la implementación de un plan de ahorro con el establecimiento de buenas prácticas ambientales y hábitos de buen consumo en el Departamento de Administración de Recursos, MAGRISA.

El último capítulo presenta la fase de docencia que va dirigida al personal del área de transporte de caña de azúcar sobre la importancia de la reducción de los tiempos de espera y de servicio utilizando la teoría de colas.

1. GENERALIDADES DE INGENIO MAGDALENA, S. A.

1.1. Datos generales

Se describe en los siguientes subtítulos información general de la empresa Maquinaria Agrícola, S. A., para conocer el campo de aplicación donde se ejecutará el proyecto.

1.1.1. Localización

Ingenio Magdalena, S. A., se localiza en el kilómetro 105 carretera al parcelamiento Los Ángeles, interior área industrial Finca Bugarvilia, La Democracia, Escuintla, Guatemala. La ubicación se muestra en la figura 1.

Figura 1. Localización Ingenio Magdalena, S. A.



Fuente: *Google Maps*. www.google.com.gt/maps/dir//Ingenio+Magdalena/@14.1025363,-91.1997356,21549m/. Consulta: 14 de mayo de 2015.

1.1.2. Antecedentes

Ingenio Magdalena es una compañía eminentemente agrícola cuya principal actividad es el cultivo de caña como materia prima para la producción de azúcar para consumo doméstico e industrial. También se dedica a la producción de alcohol industrial, generación de energía eléctrica y biofábrica para la reproducción de plantaciones.

El transporte en Ingenio Magdalena es de las actividades principales y fundamentales por lo que se obtuvo para esta zafra 2014-2015 una disponibilidad de maquinaria de 91,26 %.

Además, está conformada por Maquinaria Agrícola S.A. (MAGRISA) que se fundó en 1984 y es la empresa encargada de prestar servicios a todas las demás divisiones de la corporación.

Se realizaron 58 721 viajes en el transporte de caña de azúcar con 6 857 565,21 toneladas métricas molidas. En cuanto a producto terminado se produjeron 15 581,892 quintales de azúcar.

En la zafra 2014-2015 el porcentaje de participación en el transporte de caña por tipo de combinación obtuvo un 50,20 % en tetra (4 jaulas) y 41,43 % en penta (5 jaulas) teniendo un promedio de 122,23 toneladas por viaje.

De lo anterior se han tenido retrasos en la llegada al patio de intercambio y dentro del mismo por parte de camiones transportadores de caña, por lo cual esta área necesita tener un mejor control de los tiempos en el ciclo externo y un modelo para la reducción de tiempos de espera.

1.1.3. Misión

Desarrollar con innovación y eficiencia, productos alimenticios, agrícolas y energéticos para mejorar la calidad de vida de las personas¹.

1.1.4. Visión

Al 2015, se desarrollarán y atenderán con presencia directa en al menos 5 mercados seleccionados, en sus distintas líneas de negocio con productos y servicios diferenciados con un negocio energético equivalente al 50 % del resultado de IMSA².

1.1.5. Valores

- Honestidad
- Humildad
- Pasión por los logros³

1.1.6. Política de calidad

MAGRISA garantiza la satisfacción del cliente, a través de productos que cumplan eficientemente los requisitos y expectativas acordadas, comprometidos con la mejora continua de sus procesos y el desarrollo integral de sus colaboradores⁴.

¹ Ingenio Magdalena. *Misión y visión*. http://imsa.com.gt/sitio/quienes_somos.html#Vision. Consulta: 14 de mayo de 2015.

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

⁴ *Ibíd.*

1.1.7. Objetivo de calidad

- Asegurar el cumplimiento de los requisitos pactados con el cliente
- Mejorar la productividad del negocio
- Asegurar la mejora continua de los procesos
- Asegurar que todo el personal crítico sea competente⁵

1.1.8. Productos

Los productos de la organización, una vez la materia prima (caña de azúcar), es procesada, son:

- Azúcar: producto líder de la organización y se fabrica en tres tipos: estándar, superior y refino.
- Alcohol: se produce utilizando los derivados de la caña de azúcar (melaza) como materia prima. De estos se generan gases como subproducto para la venta.
- Energía: producto que se obtiene de la transformación de la energía térmica resultante de la combustión del bagazo de caña de azúcar y la producción de vapor de agua.

Cabe mencionar que la empresa aprovecha cada uno de los derivados del cultivo de caña de azúcar, lo que permite la optimización de los recursos y su diversificación.

⁵ Ibíd.

1.1.9. ISO 9001 : 2008

Ingenio Magdalena, S. A., está certificada bajo la norma internacional ISO 9001:2008: ha obtenido resultados satisfactorios que demuestran que mantiene altos niveles de productividad, calidad y servicio en sus operaciones.

Demuestra que la organización proporciona productos que satisfacen los requisitos del cliente. Esta norma promueve la adopción de un enfoque basado en procesos y mejora continua basado en el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar).

El alcance de la ISO 9001:2008 comprende principalmente por el proceso de la producción de azúcar, la cual cumple con altos niveles de calidad que garantizan los requerimientos de sus clientes a través de un proceso que va desde la recepción de la materia prima hasta el envasado para producto terminado.

La producción de alcohol como parte del alcance de la norma internacional es producida por medio de los subprocesos de fermentación, destilación y almacenaje de producto terminado.

Finalmente, comprende el proceso de producción de energía eléctrica, que funciona a través del proceso de combustión de bagazo de caña de azúcar y la producción de vapor de agua.

El alcance de la norma ISO 9001:2008 aplicada a la organización, define los requisitos en un orden que es coherente con la planificación de la organización y la gestión de procesos, es decir:

- Contexto de la organización su sistema de gestión de calidad y sus procesos.
- Liderazgo, política y responsabilidades.
- Procesos para la planificación y la consideración de riesgos y oportunidades.
- Procesos para el apoyo, incluyendo recursos, a las personas y la información.
- Procesos operativos relativos a los clientes y a los productos y servicios.
- Procesos para la evaluación del desempeño.
- Procesos para la mejora continua.

Por tal razón, Ingenio Magdalena está comprometido con la satisfacción de sus públicos de interés, a través de productos que cumplen sus necesidades y expectativas, desarrollo de una cultura de negocio, mejora continua de sus capacidades humanas y tecnológicas y el desarrollo de su entorno social y ambiental.

1.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional de Maquinaria Agrícola, S. A., es de forma lineofuncional que aprovecha la ventaja de ambas estructuras, de la lineal: la cadena de mando se transmite a través de un solo jefe para cada función en especial; y de la funcional: la especialización de cada actividad en una función en específico.

La estructura organizacional lineo-funcional, actualmente, es una de las más utilizadas, ya que permite establecer la jerarquía dentro de la organización, así como para la toma de decisiones. En MAGRISA, las decisiones tomadas por

cada jefe de departamento y asistentes deben aprobarse por la superintendencia del área.

La comunicación en la organización se distribuye de la misma forma que la toma de decisiones, cualquier disposición tomada por la superintendencia debe transmitirse a cada jefe de departamento y éstos tienen la función de comunicárselos a sus asistentes y supervisores.

En cuanto a la cultura y clima, la organización está comprometida en promover un ambiente laboral adecuado para que cada colaborador pueda desempeñarse plenamente y realizar un trabajo sobresaliente. Para lo cual, se basan en un código de ética que reúne sus filosofías, valores y políticas, fermentándolos en el comportamiento y desempeño laboral de cada colaborador.

1.2.1. Funciones principales

MAGRISA, S. A., es conformada por cinco departamentos, los cuales se especializan para una función en especial, dirigidos por una Superintendencia que se encarga de velar el cumplimiento de los objetivos de la organización. Sus principales funciones son las siguientes:

- El departamento de transportes varios y azúcar tiene como objetivo transportar eficientemente los recursos de la organización: maquinaria, personal, materias prima y producto terminado.
- El departamento de taller se encarga de prestar los servicios de renta de maquinaria a las diferentes áreas de la organización y velar por el

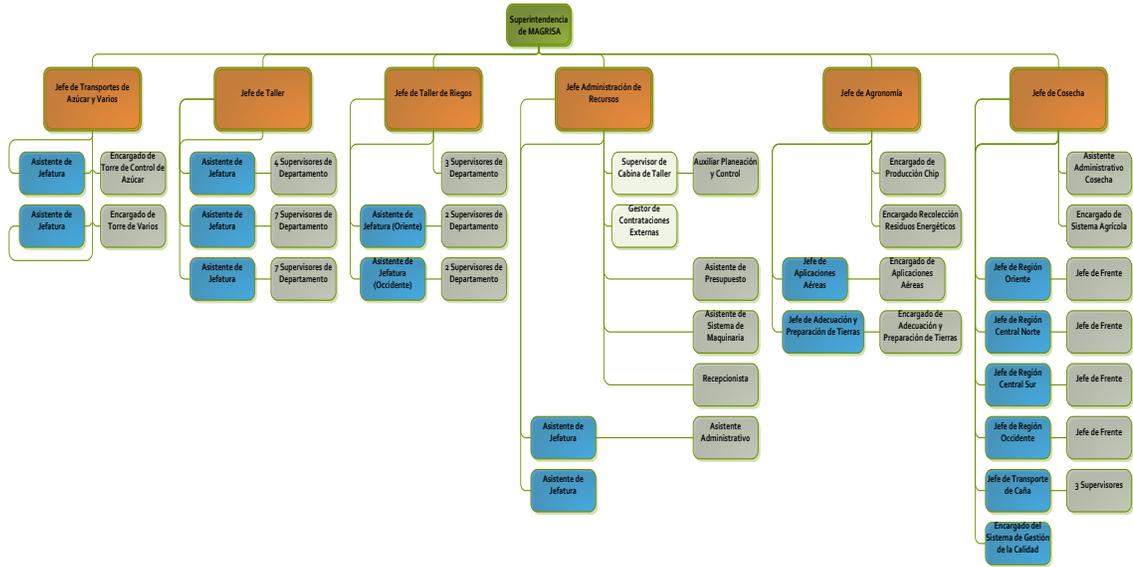
cumplimiento de reparaciones y mantenimientos a toda la maquinaria propia de la empresa.

- El departamento de administración de recursos diseña y elabora el presupuesto anual del área incluyendo los cinco departamentos: le da seguimiento a la ejecución mensual y sus respectivas justificaciones a las variaciones percibidas.
- El departamento de agronomía se encarga de la adecuación y preparación de tierras, aplicación de madurantes vía aérea y la recolección de residuos energéticos que servirán como combustible para las calderas.
- El departamento de cosecha tiene como principal función el corte, alce y transporte de la caña, desde los frentes de cosecha hasta su posterior ingreso al ingenio para el abastecimiento al área de fábrica.

1.2.2. Organigrama MAGRISA

La estructura central de la empresa sigue una tendencia de jerarquía tradicional, todas las áreas son plenamente de prestación de servicios. A continuación, se describe el organigrama de la empresa.

Figura 2. Organigrama general de MAGRISA



Fuente: Ingenio Magdalena. *Maquinaria Agrícola*, S. A.

<http://imsa.com.gt/sitio/productos.html#Energia>. Consulta: 14 de mayo de 2015.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR PARA EL MERCADO NACIONAL Y PARA LA EXPORTACIÓN, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN EL INGENIO MAGDALENA, S. A.

2.1. Diagnóstico

Con el objetivo de identificar los principales problemas que afectan actualmente el área de transporte de caña, se escogió el diagrama causa y efecto como una herramienta eficaz para obtener un conocimiento lo suficientemente comprensivo de los factores explicativos de las limitaciones e insuficiencias que presenta este sistema de transporte de caña.

Previamente se presenta en una tabla todas las opiniones: ideas, debilidades, puntos importantes e información de calidad recabada mediante la observación directa, recorridos, entrevista no estructuradas a jefaturas de la empresa, ayudantes y encargados del patio de intercambio.

En cumplimiento de dicho objetivo se elaboró un esquema de fácil comprensión que permitiera presentar de manera clara la relación directa entre las causas a la problemática del proceso de transporte y su efecto.

Finalmente, se realizó un análisis de todas las limitaciones que predominan en el área y así determinar las causas principales del problema que

afecta al proceso de transporte de caña de la empresa. Para lo cual, se elaboró un diagrama de Pareto.

A continuación, se presenta lo más destacado en cuanto a antecedentes de la organización, actividad principal a la que se dedica y la importancia del proceso de transporte de caña.

2.1.1. Antecedentes históricos

Desde hace alrededor de 35 años el sector azucarero de Guatemala emprendió un amplio proceso de modernización de la agroindustria dedicada a la producción de azúcar. Este proceso de modernización se inspiró en principios y objetivos orientados a lograr altos niveles de eficiencia productiva para asegurar su competitividad en el mercado interno y en los mercados mundiales.

Ingenio Magdalena es una compañía eminentemente agrícola cuya principal actividad es el cultivo de caña como materia prima para la producción de azúcar para consumo doméstico e industrial. También se dedica a la producción de alcohol industrial, generación de energía eléctrica y biofábrica para la reproducción de plantaciones.

El transporte en Ingenio Magdalena es de las actividades principales y fundamentales por lo que se obtuvo para esta zafra 2014-2015 una disponibilidad de maquinaria de 91,26 %.

Se realizaron 58 721 viajes en el transporte de caña de azúcar con 6, 857 565,21 toneladas métricas molidas. En cuanto a producto terminado se produjeron 709 544 toneladas de azúcar.

Por tal razón, en la torre de control se diseñó un sistema para administrar, controlar y supervisar la salida y llegada del transporte utilizada para el transporte de caña.

2.1.2. Diagrama de causa y efecto

Para recabar la información necesaria para el análisis de la situación actual, se utilizaron las siguientes herramientas: entrevistas no estructuradas, observación directa y generación de ideas en los recorridos realizados en el patio de intercambio.

Para llevar a cabo este proceso, se necesitó del siguiente personal para el transporte de caña: ayudantes en el patio, supervisores, coordinadores, jefatura del transporte de caña y gerencia del área para contar con información de calidad que permita un análisis adecuado de todas las causas que afectan el proceso de transporte. La información recabada en el área de transporte de caña se ordena por medio de la siguiente tabla.

Tabla I. **Información recabada del transporte de caña**

Tipo de recopilación	Descripción
Observación directa	<p>Colas prolongadas en el patio de intercambio.</p> <p>Enfoque en la comunicación con el área de fábrica.</p> <p>Revisión del estado de camiones y equipo de arrastre.</p> <p>Toma de tiempos para cada uno de los servidores.</p>
	Dificultad en el acceso al patio de intercambio.

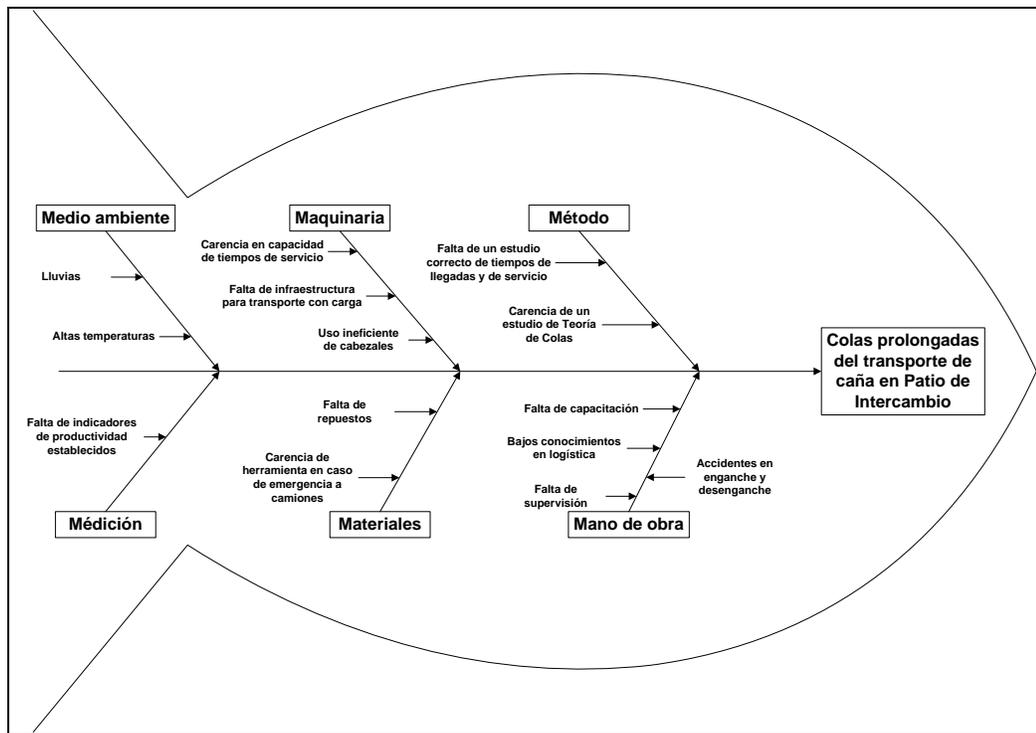
Continuación de la tabla I.

<p>Generación de ideas</p>	<p>Demoras por parte del personal de enganche y desenganche de cabezales.</p> <p>Capacitación al personal que supervisa el patio de Intercambio para agilizar la entrada de camiones.</p> <p>Revisión del procedimiento del transporte de caña.</p> <p>Validar las atribuciones y responsabilidades del personal del área.</p>
<p>Entrevistas no estructuradas</p>	<p>Estudio y análisis de teoría de colas.</p> <p>Áreas designadas para el transporte con equipo vacío y transporte con equipo cargado.</p> <p>Definir nuevas atribuciones al personal en torre de control.</p> <p>Conocimiento de los costos de espera de un camión y de los tandem de molinos.</p> <p>Registro de llegadas de camiones para las diferentes horas del día.</p> <p>Establecimiento de un indicador que mida el cumplimiento del tiempo de ciclo de transporte.</p>

Fuente: elaboración propia.

Para brindar una solución correcta a la problemática que actualmente presenta la empresa, se optó por un análisis profundo de sus causas reales y principales. El diagrama de causa y efecto expone estas causas clasificadas en seis categorías conocidas como las 6M.

Figura 3. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Descripción del problema

En la torre de control que administra, controla y supervisa el transporte de caña de azúcar desde los frentes de cosecha al patio de intercambio, se diagnosticó la carencia de un modelo para sus líneas de espera. Se observaron colas dentro del patio de intercambio de camiones que abastecen de caña al área de fábrica para la molienda diaria. Los encargados de supervisar las llegadas de los camiones al patio tienen control de todo el transporte en ruta hacia los frentes de cosecha; el transporte que se encuentra en proceso de carga y el transporte lleno el cual se dirige al ingenio, pero no disponen de una herramienta que solucione el problema de líneas de espera en patio cuando éste se encuentra con varios camiones en ruta llenos.

El problema se delimita a partir de los tiempos que se salen del tiempo programado para cada uno de los camiones encargados de dirigirse a las tres regiones de producción (frentes de cosecha), la carga de los mismos en dichos frentes y la salida en cuanto al tiempo de regreso para el abastecimiento al área de fábrica.

En la siguiente tabla se describen las deficiencias que destacan con mayor frecuencia según el personal de transporte.

Tabla II. Descripción de deficiencias

Deficiencias	Descripción	Frecuencia
Estudio de teoría de colas	No se dispone de un estudio de teoría de colas que permita el análisis del comportamiento del sistema y encontrar el sistema óptimo.	15
Registro de tiempos	No existe ningún registro de tiempos de llegadas por hora que permita un análisis de la información.	12
Capacitación al personal	Falta de un programa de capacitación que contribuya al mejoramiento de habilidades y aumento de conocimientos en relación a la teoría de colas.	6
Área para transporte con equipo lleno	No se dispone de un área para el transporte que llega cargado de caña que permita un acceso libre a la fábrica.	5
Paros por tandems	No se cuenta con una comunicación efectiva entre los colaboradores de fábrica y transporte de caña.	2
Uso de cabezales	No se dispone de un perfil adecuado en la contratación de pilotos.	0
Existencia de herramienta	Falta de herramienta en casos de emergencia por parte del área de bodega.	0

Fuente: elaboración propia.

Con base en la información de la tabla II, se realizó el cálculo matemático para determinar el porcentaje que cada deficiencia representa del total y su porcentaje acumulado, sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor.

Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla III. Frecuencia y porcentaje acumulado de deficiencias

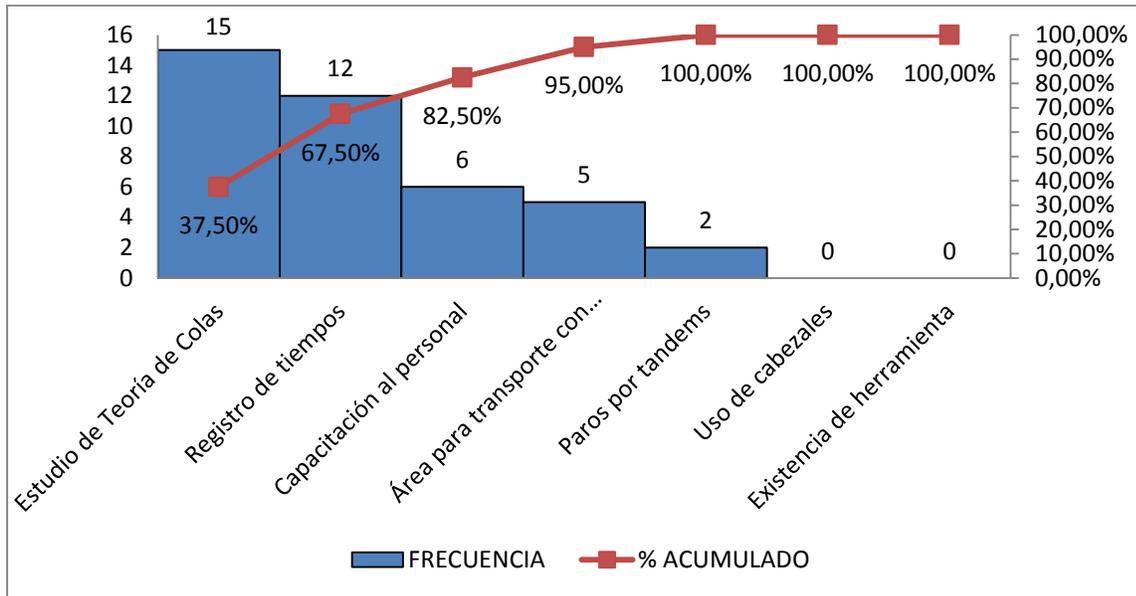
Deficiencias	Frecuencia	Porcentaje	% acumulado
Estudio de teoría de colas	15	37,50	37,50
Registro de tiempos	12	30,00	67,50
Capacitación al personal	6	15,00	82,50
Área para transporte con equipo lleno	5	12,50	95,00
Paros por tandems	2	05,00	100,00
Uso de cabezales	0	0,00	100,00
Existencia de herramienta	0	0,00	100,00
TOTAL	40	100,00	100,00

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se representan los datos de la tabla anterior en un histograma, donde el eje vertical izquierdo representa la frecuencia de la deficiencia estudiada, el eje horizontal contiene los distintos elementos o deficiencias que contribuyen al efecto, dividiendo en tantas partes como elementos existan y rotular su identificación de izquierda a derecha según el orden establecido en la tabla anterior.

Finalmente, en el eje vertical derecho se colocará la magnitud de los porcentajes acumulados de cada una de las deficiencias detectadas. La escala de este eje va desde 0 % hasta 100 %. A continuación, se presenta el histograma.

Figura 4. Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Características del proceso

Para llevar a cabo un análisis que permita encontrar el modelo óptimo y adecuado de colas, se debe iniciar investigando características fundamentales previo al cálculo de los factores de un modelo de colas. Las características para el proceso de transporte de caña de azúcar se presentan a continuación.

2.1.4.1. Fuentes de entrada

La fuente de entrada al patio de intercambio son los camiones que transportan la caña de azúcar al ingenio cada día durante toda la época de zafra. El tamaño de la población es de carácter infinito ya que no hay posibilidad de conocer el número exacto de camiones que entrarán al patio de intercambio.

Esto se debe por diferentes factores: condiciones climáticas, dificultades en el alce de caña de azúcar, o en el propio transporte.

2.1.4.2. Patrón de llegadas de clientes

Como se mencionó anteriormente, la fuente de entrada al área es el número de camiones que entran al patio de intercambio, es decir, los clientes en este sistema de colas son las unidades que transportan la caña de azúcar. El patrón de llegadas es de carácter aleatorio ya que su ocurrencia no puede ser predicha con exactitud.

Por tal razón, la tasa promedio de llegadas se calculó mediante el registro de datos obtenidos en los días de 15/03/2015 – 01/04/2015, en horario de 06:00 am – 12:00 pm (ver tabla XXIV).

La tabla IV muestra los datos en resumen de llegadas al patio de intercambio, dando como resultado un total de 84 y 1 347 unidades durante dicho período.

Tabla IV. **Resumen de llegadas al patio de intercambio**

Fecha de estudio	Núm. unidades	horas/día
15/03/2016	101	6
16/03/2016	91	6
17/03/2016	94	6
18/03/2016	97	6
21/03/2016	94	6
22/03/2016	102	6

Continuación de la tabla IV.

23/03/2016	101	6
24/03/2016	100	6
25/03/2016	87	6
28/03/2016	97	6
29/03/2016	97	6
30/03/2016	97	6
31/03/2016	94	6
01/04/2016	95	6
TOTAL	1,347	84

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, la tasa promedio de llegadas es de:

$$\lambda = 1\,347 / 84$$

$$\lambda = 16,04 \text{ camiones / hora}$$

Para efectos de cálculo de los factores del sistema de colas, $\lambda = 16,04$ camiones / hora. Este resultado indica la cantidad promedio de camiones cargados de materia prima (caña de azúcar) que ingresan al sistema por hora.

2.1.4.3. Patrones de servicios de tándems

El patrón de servicio o tasa promedio de servicio de un tándem es variable, en cuyo caso se calculó mediante el registro de tiempos obtenidos en el período que comprende del 04/04/2015 – 06/05/2015 (tabla XXV, XXVI y XXVII); se realizó un promedio de dichos días para cada uno de los tándems, como se muestra en el resumen de la tabla V.

Tabla V. **Resumen de tiempos para tasa de servicio**

Día de estudio	Tandem	Tiempo promedio de servicio (en minutos)
04/04/2015	A	10,71
05/04/2015	B	12,19
06/04/2015	C	11,45
Promedio		11,45

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el tiempo estándar que se concede para efectuar una tarea, se debe conocer el tiempo base elemental que está dada por la siguiente fórmula:

$$T_n = T_c (\text{valoración en \%})$$

El operario que se encuentra en el patio enganchando las cadenas para el volteo de las jaulas, posee una velocidad de operación regular (95 %), por lo que el tiempo base elemental es;

$$T_n = 11,45 (0,95)$$

$$T_n = 10,88 \text{ minutos}$$

Luego, se calculan los suplementos que se conceden para la operación.

- Suplementos base por fatiga 4 %
- Trabaja de pie 2 %
- Ruido 2 %
- Condiciones atmosféricas 3 %

Esto da un total de suplementos de un 11 %, por lo que aplicando la fórmula del tiempo estándar se obtiene:

$$Te = Tn (1 + \text{tolerancias})$$

$$Te = 10,88 (1,11)$$

$$Te = 12,08 \text{ minutos}$$

Con base en este dato, se procede a calcular el número de unidades atendidas por hora:

$$\begin{array}{rcl} 12.08 \text{ minutos} & \text{-----} & 1 \text{ unidad} \\ *60 \text{ minutos} & \text{-----} & x \text{ unidades} \end{array}$$

- 1 hora = 60 minutos

Aplicando la regla de tres se obtiene una tasa de servicio estándar de $\mu = 4,97$ camiones / hora.

2.1.4.4. Disciplina de la cola

Existe una sola cola, previo a la entrada de cada camión a los diferentes tándems, estos son ubicados en un área específica luego de haber ingresado a báscula donde se mide el peso y cantidad de toneladas entrantes por jaula. Una vez hecho el pesaje de las unidades, estos esperan a que un semáforo indique el color verde para poder ingresar a los tándems.

La disciplina de la cola de los camiones con toneladas de caña de azúcar, posee una regla de prioridad FIFO, lo que significa que se brinda el servicio al primero que ha llegado, de acuerdo al orden de llegada de los clientes.

2.1.4.5. Capacidad del sistema

Para la medición de la capacidad del sistema, se tomará los datos calculados y mostrados en la tabla V, para cada uno de los tandems. Esta capacidad está dada en camiones por hora. A continuación, se presenta el cálculo para cada prestador de servicio.

- Para el tandem A, con un tiempo de servicio de 10,71 minutos

$$Te = (10,71) \cdot (0,95) \cdot (1,11)$$

$$Te = 11,29 \text{ minutos}$$

$$11,29 \text{ minutos} \text{ ----- } 1 \text{ unidad}$$

$$60 \text{ minutos} \text{ ----- } x \text{ unidades}$$

Se obtiene una tasa promedio de servicio de $\mu = 5,31$ camiones por hora para el tandem A.

- Para el tandem B, con un tiempo de servicio de 12,19 minutos

$$Te = (12,19) \cdot (0,95) \cdot (1,11)$$

$$Te = 12,85 \text{ minutos}$$

$$12,85 \text{ minutos} \text{ ----- } 1 \text{ unidad}$$

$$60 \text{ minutos} \text{ ----- } x \text{ unidades}$$

Se obtiene una tasa promedio de servicio de $\mu = 4,67$ camiones por hora para el tandem B.

- Para el tándem C, con un tiempo de servicio de 11,45 minutos

$$T_e = (11,45) \cdot (0,95) \cdot (1,11)$$

$$T_e = 12,08 \text{ minutos}$$

12,08 minutos ----- 1 unidad

60 minutos ----- x unidades

Se obtiene una tasa promedio de servicio de $\mu = 4,97$ camiones por hora para el tándem C.

Con base en estos cálculos, se puede determinar la capacidad total del sistema en camiones por hora, realizando la sumatoria de los 3 servidores. En la tabla VI se presentan los resultados.

Tabla VI. **Capacidad total del sistema**

Capacidad	Tandem A	Tandem B	Tandem C	TOTAL
Camiones/hora	5,31	4,67	4,97	14,95

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.6. Servicio

El canal de servicio en este caso es el proceso que está efectuando el servicio para el cliente. Es importante conocer todas las características en que se presenta el servicio para cada unidad, tanto la configuración del sistema como el tiempo necesario en brindar dicho servicio para determinar el modelo de colas adecuado del área de transporte de caña.

2.1.4.7. Configuración del sistema de servicio

En el año 1953, el matemático David G. Kendall, originario de Inglaterra, implementó la notación de colas, la cual es utilizada para identificar las características de una línea de espera por medio de iniciales. Básicamente los sistemas de colas se representan mediante la siguiente notación:

$$A / B / C / d / e / f$$

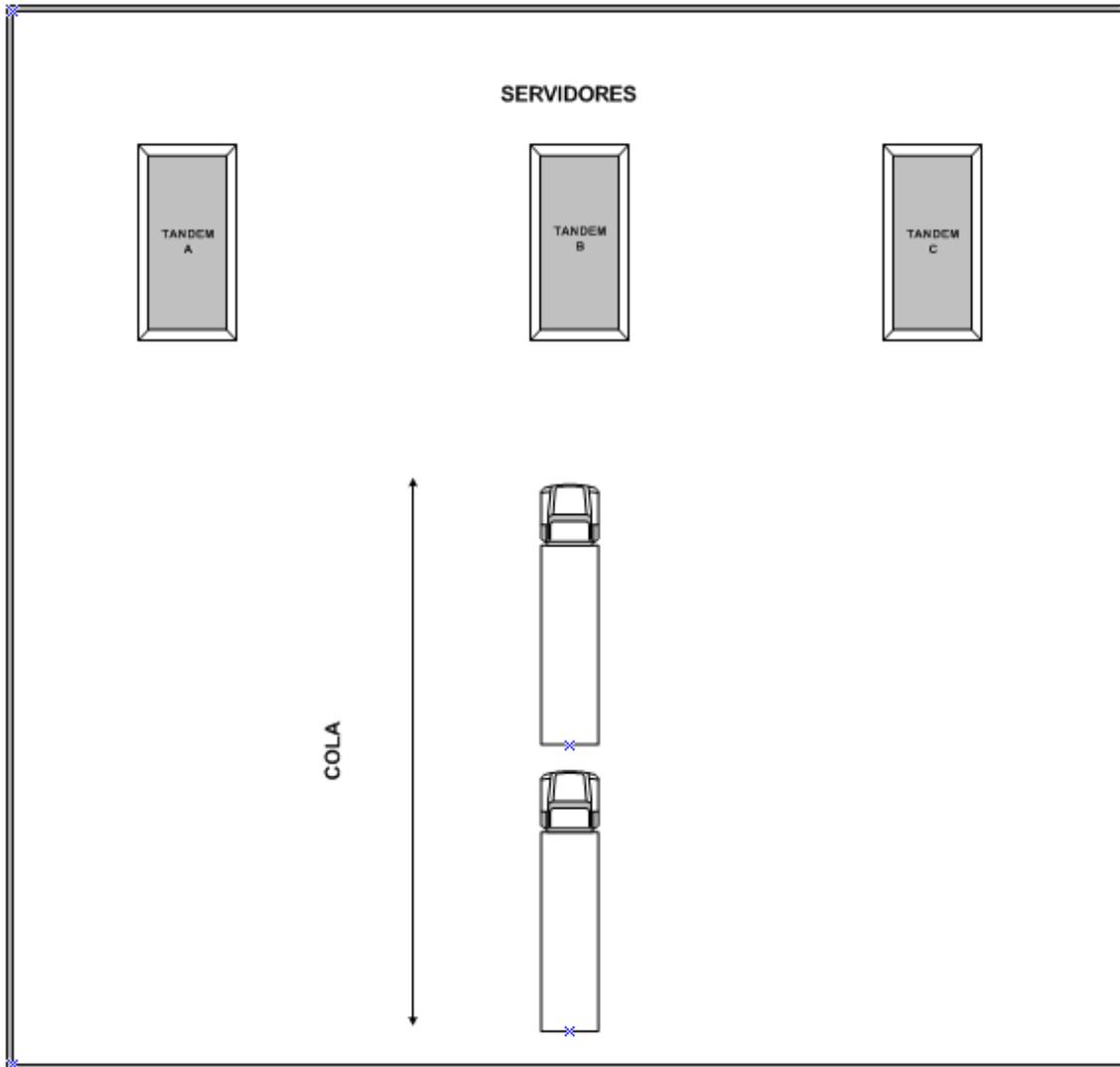
- A = patrón de llegadas
- B = patrón de servicio
- C = número de servidores en paralelo
- d = disciplina de la línea de espera
- e = capacidad del sistema
- f = tamaño de la población

En el transporte de caña las unidades llegan de acuerdo a una distribución de Poisson con una esperanza λ , que indica una población infinita y la posibilidad de infinitas colas. El tiempo de atención se distribuye exponencialmente, en el cual existen varios servidores, cada uno atendiendo a una tasa de μ unidades en un tiempo determinado.

La configuración actual de servicio está compuesta por una cola y tres servidores, dicho sistema se adecua al modelo con la siguiente nomenclatura, modelo multicanal M/M/S.

En la figura 5, se observa la configuración del sistema actual del área de transporte de caña de azúcar.

Figura 5. Configuración del sistema



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.8. Número de canales de servicio

El sistema que se utiliza en el área de transporte es un sistema multicanal con una sola línea de espera. Esto se puede observar en la figura 5.

2.1.4.9. Costo de servicio

El costo de servicio es el costo de operación del servicio brindado y el principal objetivo en un sistema de colas es encontrar el sistema del costo total mínimo.

Se tuvo el conocimiento del costo por hora de un servidor por la información brindada por superintendencia MAGRISA. Los rubros que conllevan al costo por hora de un servidor se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VII. **Costos de un tándem**

Rubro	Costo / hora (Q)
Costo por mantenimiento y reparación	7 299,20
Costo de energía	10 948,80
Costo mano de obra	18 248,00
Costo total / hora	36 496,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.10. Costo de espera

El costo de espera es el costo que incurre por la espera de un camión en la cola y representa el costo de oportunidad del tiempo perdido. Es importante hacer mención que un sistema con un bajo costo de espera representa una fuente importante de competitividad.

El costo de espera de un camión de cuatro jaulas se obtuvo a partir de la tarifa que maneja la empresa para toda su maquinaria. La tarifa por hora de un camión se muestra en la figura 6.

Figura 6. Tarifario de la maquinaria 14-15

	TARIFARIO DE MAQUINARIA 14-15		CODIGO: RE-RDM-RDM-03	
			Version: 1	
			Pagina 1 de 1	
Fecha de Actualización: 05 de Febrero, 2015				
TARIFARIO 14-15				Zafra 14-15
Categoría	Descripción de la Categoría	TARIFA CASH FLOW	TARIFA FULL LOAD	TARIFA COMERCIAL
151	JAULA CAÑERA DE VOLTEO 40 PIES	0.44	1.74	1.92
152	DRAGA DE CABLE	182.32	256.91	282.61
153	BARRENO PARA PERFORACIÓN MECÁNICA			
154	EXCAVADORA PEQUEÑA	30.15	41.15	45.27
155	ARAÑA P/ CONTENEDOR 20 PIES	0.55	0.75	0.82
156	CAMIÓN PARA GRUA DE 50 TON.	115.98	131.14	144.25
157	TRACTOR DE BANDA D6 H-R	257.01	330.79	363.87
158	CAMIÓN FULEADOR	6.68	7.63	8.39
159	GENERADOR DE 1000 KW	868.08	1,614.25	1,775.68
160	COMPOST-ERA	15.71	24.44	26.88
161	CABEZAL MOVIMIENTO INTERNO CAÑA	61.35	62.82	69.11
162	MOTORES MINIASPERCION 46 HP	53.71	83.49	91.84
163	MOTOR FUJO C/TURBINA CAUDAL	47.27	66.15	72.77
164	MOTOBOMBA AVANCE FRONTAL	63.17	66.35	72.99
165	PIVOTE CENTRAL REMOLCABLE 4 TORRES	61.53	124.04	136.45
166	PIVOTE CENTRAL REMOLCABLE 6 TORRES	56.49	134.32	147.75
167	AVANCE FRONTAL ROSARIO I	111.80	281.21	309.34
168	AVANCE FRONTAL ROSARIO II	112.74	230.16	253.18

Fuente: Ingenio Magdalena S. A. *Maquinaria Agrícola, S. A.*

<http://imsa.com.gt/sitio/productos.html#Energia>. Consulta: 14 de mayo de 2015.

Como se puede observar en la figura anterior, el costo por hora de un camión es de Q 69,11.

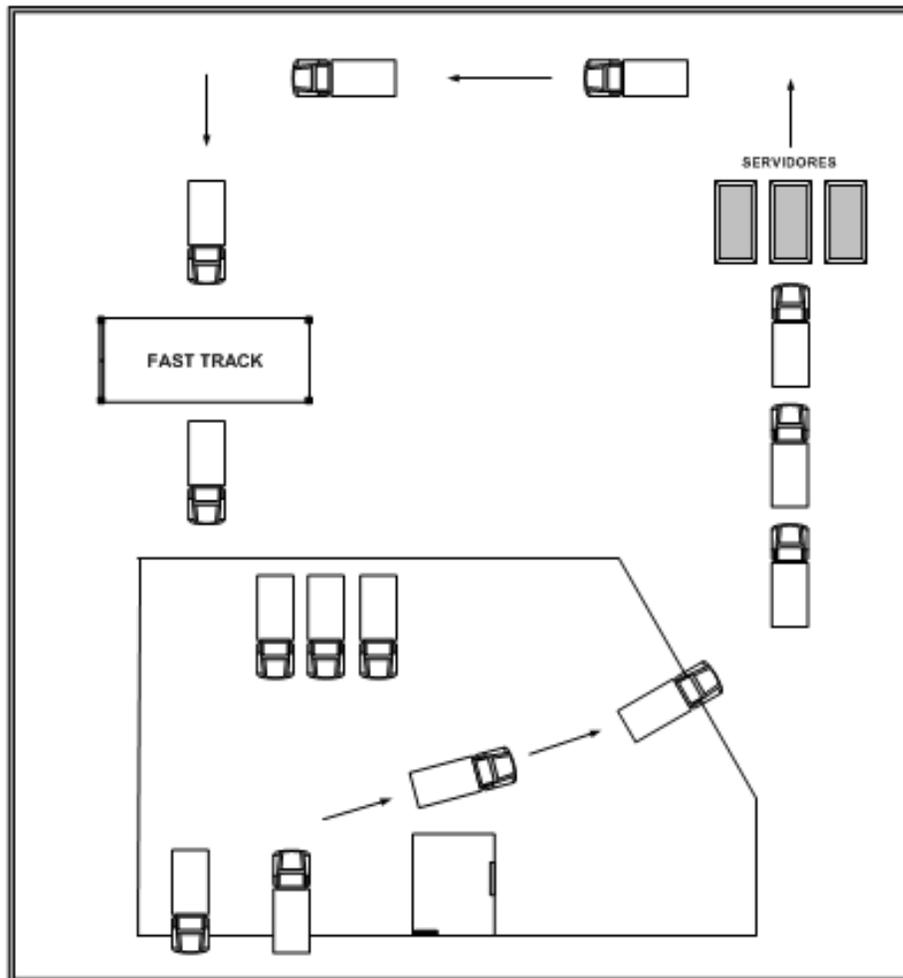
2.1.5. Patio de intercambio

El patio de intercambio es el área principal del proyecto donde se realizará todo el análisis y la implementación del modelo de teoría de colas. Está área es establecida para el almacenaje y resguardo del equipo cargado de caña de azúcar; desenganche de cabezales de equipos llenos y enganche de equipos vacíos a cabezales.

2.1.5.1. Esquema actual del área de patio de intercambio

Se muestra en la figura 7, el esquema actual del área del transporte de caña; indica la dirección a donde se dirige la flota del transporte de unidades de caña para la descarga.

Figura 7. Esquema actual del patio de intercambio



Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Metodología

Para realizar el estudio de teoría de colas se llevará a cabo una toma de tiempos en el patio de intercambio mediante la utilización de un reloj digital que tiene la capacidad de medir el tiempo en horas, minutos y segundos; para captar así los tiempos de: espera, servicio y permanencia en el sistema. Con el objetivo de obtener los datos necesarios para emplearlos en las ecuaciones correspondientes al estudio de teoría de colas.

2.1.7. Cálculos numéricos

Con respecto a la metodología del punto anterior (sección 2.1.6) se obtuvieron los datos que servirán para la aplicación de las fórmulas de la teoría de colas y así poder exponer el modelo actual y permitir la generación de un nuevo modelo para su beneficio. Los datos recopilados se encuentran en los apéndices.

2.1.8. Análisis de datos

Una vez obtenido el registro de tiempos mediante las observaciones periódicas, se analizó la información para poder aplicar las fórmulas y cálculo de todos los factores de un modelo de colas, con el objetivo de encontrar el modelo óptimo que requiera el área de transporte de caña para mejorar eficientemente su proceso.

2.1.9. Determinación de factores en el sistema de colas actual

Se presenta como primer cálculo, la probabilidad de que el sistema se encuentre ocupado para la determinación de todos los factores principales del sistema de colas.

2.1.9.1. Factor de utilización

Esta medida de desempeño relaciona la tasa de llegadas con la tasa de servicio y se define como la fracción promedio de tiempo que el sistema está ocupado, como se presenta en la siguiente fórmula.

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

$$\rho = \frac{16,04}{3(4,97)}$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se obtiene:

$$\rho = 1,08$$

De acuerdo al resultado anterior, se presenta una condición de estado inestable, porque la cantidad de camiones que son atendidos es menor a la cantidad de camiones entrantes al patio de intercambio.

El factor de utilización es mayor a uno, por lo tanto, el sistema se satura y la cola crece indefinidamente con el transcurso del tiempo.

$$\mu = 4,97 \text{ (3) camiones / hora} < \lambda = 16,04 \text{ camiones / hora}$$

2.1.9.2. Resultados

Los resultados para el modelo del sistema actual en el proceso de transporte de caña se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Resultados del modelo del sistema actual**

Factores	Datos
λ (tasa promedio de llegadas, hora)	16,04
μ (tasa promedio de servicio, hora)	4,97
S (número de servidores)	3
ρ (factor de utilización, %)	1,08 (colapsa)
Po (probabilidad de sistema vacío)	No existe $\lambda > \mu$
Ls (clientes en el sistema, cola y servicio)	No existe $\lambda > \mu$
Lq (clientes en cola)	No existe $\lambda > \mu$
Wq (tiempo en cola)	No existe $\lambda > \mu$
Ws (tiempo en sistema)	No existe $\lambda > \mu$

Fuente: elaboración propia.

La tabla VIII muestra los resultados del inciso 2.1.9.1., para el modelo del sistema actual operando con 3 servidores.

Es evidente que en el sistema, la tasa promedio de llegadas (16,04 camiones por hora) es mayor a la capacidad de servicio que ofrecen los servidores (4,97 camiones por hora); presentan una condición de estado inestable y provoca que el sistema se sature cuando opera con el número de servidores que se posee actualmente.

Esto se observa en el resultado del factor de utilización de la instalación de servicio, es decir, la fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados: representa la fracción de la capacidad del servicio del sistema que utilizan en promedio los clientes que llegan.

La teoría de colas tiende a dedicar su análisis a la condición de estado estable, en parte porque el caso transitorio es analíticamente más difícil.

2.2. Propuesta de mejora

Luego de haber obtenido los datos correspondientes a la situación actual del proceso de transporte de caña, es posible observar los puntos importantes de mejora para poder lograr un proceso más eficiente para la organización.

Es evidente en la situación actual que el sistema de transporte de caña se satura con el transcurso del tiempo, por lo que se detecta la carencia de un modelo que permita operar eficientemente la entrada del transporte para el abastecimiento de caña a la fábrica.

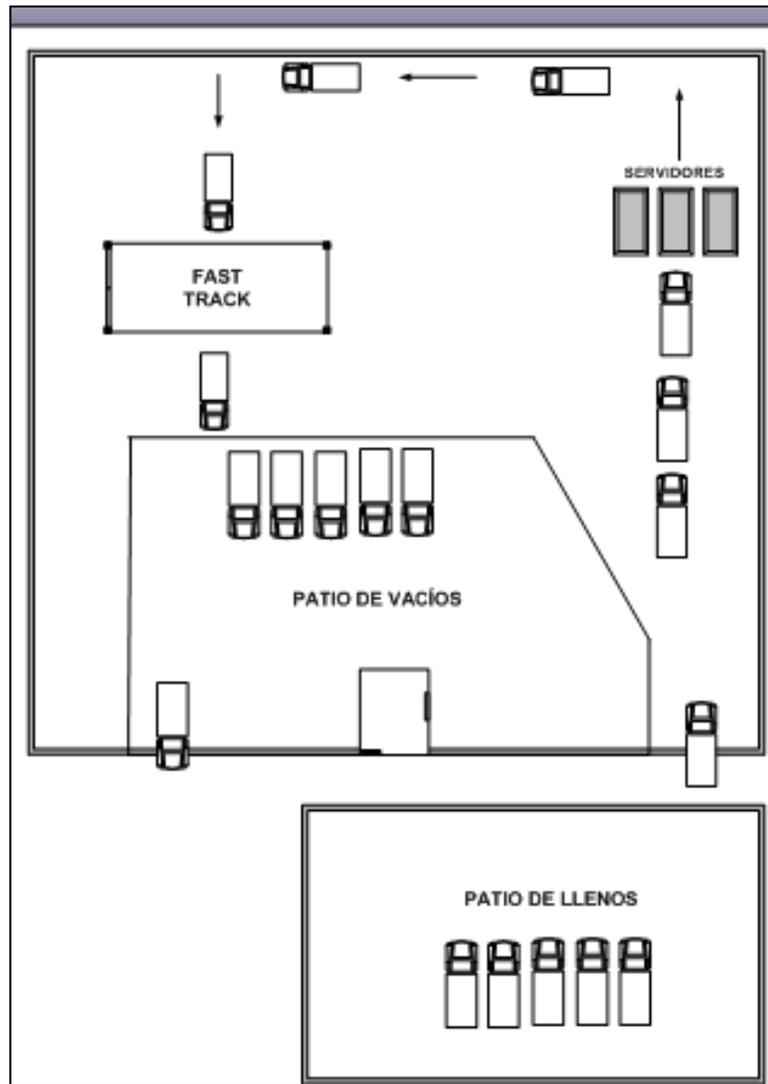
La propuesta de mejora se centra principalmente en obtener un modelo que permita reducir los tiempos de espera en el patio, aplicando los factores de la teoría de colas para un modelo M/M/s. Adicionalmente, realizar una reestructuración del área del patio de intercambio estableciendo dos áreas para la ubicación de las unidades vacías y para las unidades cargadas.

2.2.1. Esquema propuesto del área del patio de intercambio

Se presenta un esquema propuesto para el área del patio de intercambio, realizando cambios en cuanto a las salidas y entradas de las unidades. Se diseña una vía para la salida de la flota vacía y otra especialmente para la entrada de las unidades que se encuentran cargadas. Asimismo, se diseña un patío exclusivamente para todo camión que viene cargado y se encuentra en espera de su ingreso a báscula.

En la figura 8, se observa el área propuesta para el patio de intercambio.

Figura 8. Esquema propuesto del patio de intercambio



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Diseño de un modelo de transporte óptimo

En el modelo propuesto se realizará el cálculo de todos los factores de la teoría de colas operando con 1 servidor más, es decir, analizar el sistema con 4 servidores.

2.2.2.1. Tasa promedio de llegadas

La tasa promedio de llegadas o patrón de llegadas de clientes es el número de unidades que deben llegar al patio por hora para el período de zafra. Este se estimó en la sección 2.1.4.2, su valor después de realizar los cálculos respectivos en la tabla IV, obteniendo una tasa promedio de llegadas de 16,04 camiones por hora.

2.2.2.2. Tasa promedio de servicio

La tasa promedio de servicio representa el tiempo que un servidor tarda en atender a un cliente, está representado por μ , y se utilizará el resultado obtenido de la sección 2.1.4.3, con un valor promedio de 4,97 camiones por hora.

2.2.2.3. Disciplina de la cola

Para el método propuesto, se seguirá tomando en cuenta que el orden de atención a las unidades de transporte es FIFO, que refiere a que la primera unidad que ingrese será la primera en salir.

2.2.2.4. Probabilidad que el sistema este desocupado

La probabilidad que cero unidades se encuentren en el sistema en determinado período se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{s\mu}{s\mu - \lambda}} \text{ para } s\mu > \lambda$$

Sustituyendo, $s=4$; $\lambda=16,04$; $\mu=4,97$ en la fórmula anterior, se obtiene:

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \frac{s\mu}{s\mu - \lambda}}$$

$$P_0 = 0,0260$$

La probabilidad de que el sistema este ocioso operando con 4 servidores es de 2,60 %.

2.2.2.5. Probabilidad que un camión arribe y tenga que esperar

La probabilidad que una unidad que llegue al sistema deba esperar por el servicio se obtiene mediante la fórmula:

$$P_w = \frac{1}{s!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s \left(\frac{s\mu}{s\mu - \lambda} \right) P_0$$

Sustituyendo, $s=4$; $\lambda=16,04$; $\mu=4,97$ y $P_0= 0,0260$ en la fórmula anterior, se obtiene:

$$P_w = \frac{1}{4!} \left(\frac{16,04}{4,97} \right)^4 \left(\frac{4(4,97)}{4(4,97) - 16,04} \right) 0,0260$$

$$P_w = 0,6088$$

La probabilidad que un camión llegue y tenga que esperar es de 60,88 %. Es decir, que todo camión procedente de cualquier frente de cosecha para su

ingreso al patio de Intercambio, poseerá una probabilidad de espera de un 61 % aproximadamente.

2.2.2.6. Tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema

El tiempo promedio que una unidad permanece en el sistema desde que ingresa a la cola hasta su salida luego de haber pasado por el servidor, se calcula por medio de la fórmula que se presenta a continuación.

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

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

Donde

- S = número de servidores
- Po = probabilidad que el sistema este ocioso

Sustituyendo, s=4; Po=0,0260; λ=16,04; μ=4,97 en la fórmula, se obtiene:

$$W_s = \frac{4,97 \left(\frac{16,04}{4,97}\right)^4}{(4-1)! (4(4,97) - 16,04)^2} (0,0260) + \frac{1}{4,97}$$

$$W_s = 0,3597 \text{ horas}$$

El tiempo que un camión permanece en el sistema cuando operan los 4 servidores es de 21,58 minutos.

2.2.2.7. Tiempo promedio que cada cliente permanece en la cola

El tiempo que transcurre desde que una unidad ingresa al sistema hasta el momento que es servido por el prestador de servicio, se determina mediante la fórmula:

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

Sustituyendo $W_s = 0,3597$ en la fórmula, se obtiene:

$$W_q = 0,3597 - \frac{1}{4,97}$$

$$W_q = 0,1585 \text{ horas}$$

El resultado indica que un camión permanecerá en espera antes de ser atendido 0,16 horas, es decir 9,51 min.

2.2.2.8. Longitud promedio de la cola

La cantidad de unidades en la cola en un momento determinado esperando ser atendidos por el prestador de servicio, se obtiene mediante la fórmula:

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

Sustituyendo $s=4$; $\lambda=16,04$; $\mu=4,97$, en la fórmula antes descrita se obtiene:

$$L_q = 0,0260 \left[\frac{\left(\frac{16,04}{4,97}\right)^{4+1}}{(4-1)! \left(4 - \frac{16,04}{4,97}\right)^2} \right]$$

$$L_q = 2,5430 \text{ camiones}$$

En promedio aparecen 3 camiones en cola esperando a ser atendidos por los cuatro servidores.

2.2.2.9. Número de clientes promedio en el sistema

El número de unidades promedio que se encuentran en cola y en el prestador de servicio, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

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

Sustituyendo, $s=4$; $P_0=0.0260$; $\lambda=16.04$; $\mu=4.97$ en la fórmula anterior, se obtiene:

$$L_s = \frac{16,04(4,97) \left(\frac{16,04}{4,97}\right)^4}{(4-1)! (4(4,97) - 16,04)^2} 0,0260 + \frac{16,04}{4,97}$$

$$L_s = 5,7704 \text{ camiones}$$

El número promedio de unidades de caña que se encuentran en un determinado momento en el sistema es de 6 unidades.

2.2.2.10. Factor de utilización

Para este modelo con cuatro servidores, el porcentaje del total del tiempo en que el sistema se encuentre ocupado, se determina por medio de la siguiente fórmula:

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

$$\rho = \frac{16,04}{4(4,97)}$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se obtiene:

$$\rho = 0,8068$$

El factor de utilización es menor a uno, por lo tanto, el sistema no se satura y alcanza el estado estacionario. Por lo que la probabilidad de encontrar los cuatro servidores ocupados es de 81 %.

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

Es importante demostrar que la tasa de llegadas sigue el comportamiento de una distribución de Poisson y el tiempo de servicio con una distribución exponencial.

La distribución de Poisson es una distribución discreta empleada con mucha frecuencia para describir el patrón de las llegadas a un sistema de colas, mientras que la distribución exponencial supone una mayor probabilidad para tiempos entre llegadas pequeños.

La forma algebraica de la distribución de Poisson que permite calcular la probabilidad de ocurrencias por unidad de tiempo es la siguiente:

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

Sustituyendo $\lambda=16,04$ camiones/hora en la fórmula anterior, se obtiene la información de la tabla IX, la cual indica la probabilidad teórica de ocurrencias por unidad de tiempo en función de los camiones.

Tabla IX. **Probabilidad de ocurrencias por unidad de tiempo**

x	P(x)	%
1	0,000001734	0,00
2	0,000013909	0,00
3	0,000074367	0,01
4	0,00029821	0,03
5	0,00095665	0,10
6	0,00255746	0,26
7	0,0058602	0,59

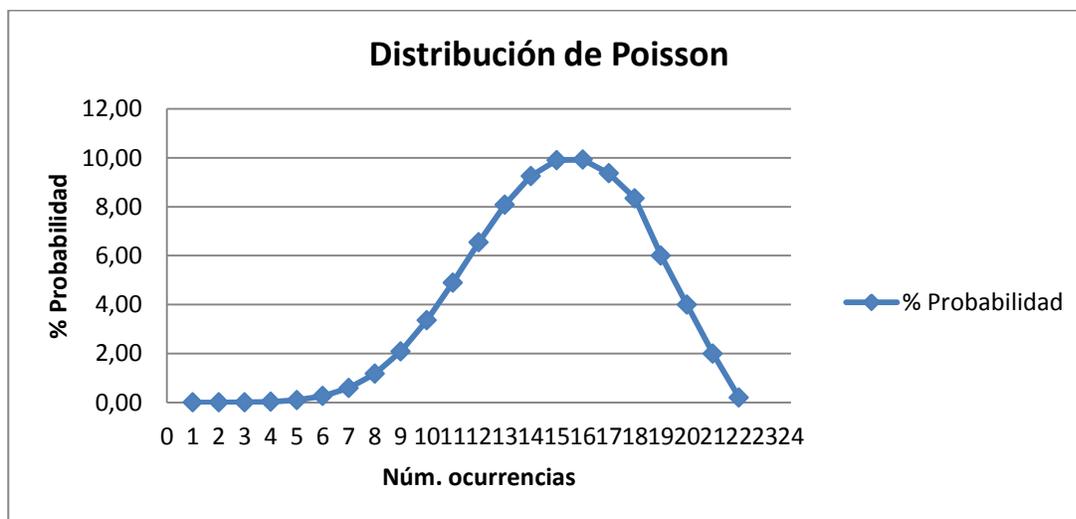
Continuación de la tabla IX.

8	0,011749	1,17
9	0,020940	2,09
10	0,033589	3,36
11	0,048978	4,90
12	0,065468	6,55
13	0,080777	8,08
14	0,092548	9,25
15	0,098965	9,90
16	0,099212	9,92
17	0,093609	9,36
18	0,083416	8,34
19	0,070421	7,04
20	0,056477	5,65

Fuente: elaboración propia.

Los diferentes resultados de probabilidad para un número específico de camiones en el sistema se pueden observar mediante el gráfico de la figura 9.

Figura 9. **Distribución de Poisson teórica**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.12. Estimación de costos para el método propuesto

Para realizar un análisis de costos para diferentes modelos de colas se debe obtener estimaciones razonables del costo de espera y costo de servicio.

El costo de tener un servidor trabajando, es el costo del tándem que interfiere en la recepción de la caña y el costo de espera se define como el costo de un camión que contiene la caña. El costo por hora de un tándem de molienda se estima en Q 36 496, es decir, el costo de servicio y el costo por hora de un camión de cuatro jaulas se estima en Q 69,11, costo que se observó en el inciso 2.1.2.10.

El costo total del sistema está dado por la suma del costo de tener servidores trabajando y el costo de espera de cada cliente. Para determinar es costo total del sistema, se debe considerar lo siguiente:

- C_w = costo de espera por unidad de tiempo
- C_s = costo de servicio por unidad de tiempo
- C_t = costo total promedio del sistema por unidad de tiempo
- S = número de servidores

El costo total es la suma del costo de espera y el costo de servicio, como se observa en la siguiente fórmula a continuación.

$$C_t = C_w L_q + C_s S$$

Sustituyendo los datos en la fórmula, sabiendo que $L_q = 2,5430$, $s = 4$, $C_w = 69,11$, y $C_s = 36 496$, se obtiene:

$$C_t = 69,11(2,5430) + 36\,496(4)$$

$$C_t = 146\,159,75$$

El costo total por hora para el método propuesto es de Q 146 159,75.

2.2.3. Comparación de resultados del método actual y método propuesto

Se realizará una comparación de los resultados obtenidos en el método actual y método propuesto, con el objeto de conocer las diferencias entre ambos y observar si el método propuesto agrega un valor significativo en el proceso de transporte de caña. En la tabla X, se puede observar los datos obtenidos de la situación actual y de la propuesta.

Tabla X. **Comparación de factores de método actual y método propuesto**

FACTORES DEL MODELO	ACTUAL	PROPUESTO
Tasa promedio de llegadas (λ) (unidades/h)	16,04	16,04
Tasa promedio de servicio (μ) (unidades/h)	4,97	4,97
Número de servidores (s)	3	4
Probabilidad sistema desocupado (P_o) (%)	No existe $\lambda > \mu$	2,60
Probabilidad de arribar y esperar (P_w) (%)	No existe $\lambda > \mu$	60,88
Tiempo promedio de espera en sistema (W_s) (min)	No existe $\lambda > \mu$	21,58
Tiempo promedio de espera en cola (W_q) (min)	No existe $\lambda > \mu$	9,51
Número de unidades en cola (L_q)	No existe $\lambda > \mu$	2,54
Número de unidades en sistema (L_s)	No existe $\lambda > \mu$	5,77
Factor de utilización (ρ) (%)	108	81

Fuente: elaboración propia.

En la tabla X se observa los resultados de los factores para cada modelo del sistema de colas, demostrando principalmente que operando con un servidor más se alcanza el estado estable del sistema, el cual es uno de los objetivos del proyecto objeto de estudio.

Operando con 4 servidores (tándem), el factor de utilización es de 81 % siendo este el porcentaje en que un servidor permanece ocupado; una probabilidad de 2,60 % de que el sistema se encuentre vacío, y el tiempo en que le llevará a un camión permanecer en el sistema será de 21,58 minutos en promedio para que éste vuelva a realizar otro viaje.

Evidentemente aplicando el modelo propuesto incurre en un costo mayor, ya que se debe de colocar un tándem, el cual es una configuración de molinos con un elevado costo. Tal y como se mostró en el inciso 2.1.4.9 el costo por hora de un tándem de molinos es de Q 36 496 la hora. Sin embargo, con la adquisición de un nuevo tándem en la organización se tendrá una mayor producción de azúcar en un tiempo más corto de zafra y mayor cantidad de bagazo, el cual se utilizará para el combustible de las calderas y aumentar la producción de vapor para el área de cogeneración.

2.2.4. Análisis de costos

Se realizará un análisis de costos para poder identificar los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Esto permitirá poder tomar una decisión y tener el conocimiento de su rentabilidad.

2.2.4.1. Inversión inicial

Según los resultados obtenidos del cálculo de los diferentes factores de la Teoría de Colas presentados en el inciso 2.2.3, se debe invertir en un nuevo tándem de molinos para la reducción de los tiempos de espera en el patio de intercambio.

Tabla XI. **Descripción de inversión (cifras en quetzales)**

Concepto	Monto
1 tandem de molinos	216 500 000,00
Montaje de maquinaria	100 000 000,00
INVERSIÓN TOTAL	316 500 000,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Costos de operación

Estos son los costos necesarios para mantener y operar los activos fijos, los cuales se dividen en fijos y variables. Los costos fijos se componen de la mano de obra y mantenimientos preventivos; los costos variables conformados por: combustibles, repuestos, herramientas, mantenimiento correctivo, equipo de protección personal, etc.

2.2.4.2.1. Costos fijos

Se detalla la mano de obra directa requerida para el funcionamiento de un tándem de molinos. Presentando el detalle en cuanto a la descripción del puesto, cantidad de personal por puesto, el costo mensual y costo anual para cada uno.

Tabla XII. **Costo de mano de obra (cifras en quetzales)**

Puesto	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Ayudante de mecánico de primera	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Bombero	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Mecánico especial	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Mecánico de primera	3	Q 4 000,00	Q 144 000,00
Moledor	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Operador de motores eléctricos	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Vigilante de molinos	3	Q 3 500,00	Q 126 000,00
Aplicador de químicos en molinos	3	Q 3 600,00	Q 129 600,00
Total mano de obra	24	Q 29 100,00	Q 1 047 600,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2.2. Costos variables

Los costos variables en que incurriría la empresa para la operación del nuevo tándem de molinos son principalmente para los mantenimientos preventivos y correctivos, en los cuales se necesitarán los siguientes costos:

Tabla XIII. **Costos por mantenimientos en tándem (cifras en quetzales)**

Concepto	Costo Anual
Repuestos	Q 41 400 000,00
Herramienta y equipo	Q 10 000 000,00
Lubricantes	Q 4 000 000,00
TOTAL COSTOS VARIABLES	Q 55 400 000,00

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el costo total de operación viene dado por la sumatoria del costo fijo y el costo variable, ascendiendo así a Q 56 447 600,00 para el primer año de zafra.

2.2.5. Productividad del sistema

La medición de la productividad es necesaria para el desarrollo de cualquier actividad económica. La determinación de indicadores de productividad juega un papel importante en el desarrollo de cualquier empresa o institución.

Las largas colas de camiones en espera para ingresar y los tiempos excesivos en servicio al interior de las terminales disminuyen la productividad del sistema. En siguiente tabla se presenta el indicador que medirá el cumplimiento en los tiempos de ciclo del transporte, desde su llegada al patio de intercambio a su posterior salida de los tándems.

Tabla XIV. **Porcentaje de cumplimiento del tiempo de ciclo de transporte**

Indicador	Porcentaje de cumplimiento del tiempo de ciclo de transporte
Proceso	Transporte
Tipo	Indicador de productividad
Cálculo	$\% \text{ cumplimiento del tiempo de ciclo} = \frac{\text{Núm. de camiones dentro del rango de cumplimiento}}{\text{Núm. de camiones entrantes al sistema}} \times 100$
Unidad de medida	Porcentaje (%)
Frecuencia	Diario
Explicación	<p>Este indicador mide el cumplimiento de los tiempos de ciclo del transporte de caña dentro del patio de intercambio.</p> <p>Núm. de camiones dentro del rango de cumplimiento: Para calcular esta variable se procederá a obtener la diferencia del tiempo programado y tiempo real de cada camión y calcular su variación (%) con respecto al tiempo programado. Posteriormente se tomará como criterio para dicha variación una tolerancia de $\pm 10\%$, el cual será el</p>
	<p>Rango de cumplimiento. Finalmente se realiza el conteo de todos los camiones que cumplen con el criterio.</p> <p>Núm. de camiones entrantes al sistema: Este se obtiene de la sumatoria total de camiones entrantes al sistema en un tiempo determinado.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Sistema propuesto

El diseño propuesto para el transporte de caña operará con un servidor (tándem) adicional para la reducción de los tiempos de espera y mejorar el tiempo de servicio para cumplir con el abastecimiento diario de materia prima a la fábrica.

Se pudo observar que el sistema actual presentó una condición de estado inestable ($\rho > 1$), lo que significaba una saturación del transporte en el patio, generando así tiempos de espera prolongados. El sistema propuesto trabajará

mediante un modelo M/M/s, operando con 4 servidores que permitirán mantener el flujo del transporte de caña, reduciendo la cola en el patio de intercambio.

Se contaba únicamente con un área para la flota del transporte vacío y del transporte con equipo lleno, generando problemas para la salida y entrada de camiones, por lo que se diseñó un área exclusivamente para el transporte que trae la caña para permitir el acceso libre a la fábrica, evitando así paros por salida de camiones con equipo vacío (ver figura 8).

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE AHORRO EN EL CONSUMO DE PAPEL EN EL DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS

3.1. Situación actual del uso de papel

Las oficinas son uno de los lugares de mayor utilización de papel, que constituye el 90 % de los residuos generados, no obstante, es el soporte para todos los procesos administrativos de una organización. Por ello se resalta la importancia de la aplicación de producción más limpia a nivel interno, la cual se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global, y reducir los riesgos de los colaboradores y del medio ambiente.

El objetivo de aplicar dicha estrategia en el Departamento de Administración de Recursos, es la implementación de buenas prácticas para la reducción en el consumo de insumos administrativos, siendo el enfoque principal reducir el consumo de papel en los procesos administrativos, establecer un área para reciclaje de papel y sensibilizar a los colaboradores del departamento en el impacto que el consumo de este recurso puede ocasionar al medio ambiente.

Actualmente el Departamento de Administración de Recursos no cuenta con un plan para un uso eficiente del recurso que provoca que el mismo no sea reciclado o reutilizado para otras actividades. Otro aspecto fundamental para el análisis es el consumo variable del recurso para los períodos de zafra y período de reparación.

3.1.1. Herramientas de diagnóstico para conocer el consumo de papel

Se realizó una encuesta al personal del Departamento de Administración de Recursos, con el objeto de conocer las actividades en donde se utiliza dicho recurso y el promedio de consumo por mes para el período de zafra y reparación. A continuación, se presenta en la figura 10 la serie de preguntas con las cuales se entrevistó al personal del departamento.

Figura 10. Encuesta para el uso del papel en el Departamento de Administración de Recursos

	<p>Transporte de caña de azúcar Proyecto de EPS Uso del papel en el departamento de Administración de Recursos</p>
<p>A continuación, encontrará una serie de preguntas que le sugerimos sean contestadas con la mayor claridad y sinceridad posible, el propósito es mejorar cada día nuestro proceso de recopilación de información.</p>	
<p>Nombre: _____</p>	
<p>Cargo en la empresa: _____</p>	
<p>Fecha: _____</p>	
<p>¿Cómo es suministrado el papel en el departamento? ¿Cada cuánto lo solicitan y cómo?</p>	
<p>¿Cuál es la cantidad promedio de papel que se consume al mes en zafra y reparación?</p>	
<p>¿Qué tipo y tamaño de papel utilizan? (bond, adhesivo, carta, oficio, etc.)</p>	
<p>¿Utilizan papel reciclado? Si lo hacen, ¿En que tareas?</p>	
<p>¿Reutilizan el papel para otras tareas? ¿Utilizan ambos lados del papel?</p>	
<p>¿Reciclan el papel?</p>	
<p>¿Se realiza una revisión digital previo a imprimir archivos o documentos?</p>	

Continuación de la figura 10.

	Transporte de caña de azúcar Proyecto de EPS Uso del papel en el departamento de Administración de Recursos
Liste o describa las actividades en donde hacen uso de papel en el departamento (Copias, impresiones, listados, reportes, solicitudes, etc.)	
1. Actividad/documento:	<hr/> <hr/>
Consumo promedio de papel en zafra y reparación para esta actividad:	<hr/> <hr/>
2. Actividad/documento:	<hr/> <hr/>
Consumo promedio de papel en zafra y reparación para esta actividad:	<hr/> <hr/>
3. Actividad/documento:	<hr/> <hr/>
Consumo promedio de papel en zafra y reparación para esta actividad:	<hr/> <hr/>
4. Actividad/documento:	<hr/> <hr/>
Consumo promedio de papel en zafra y reparación para esta actividad:	<hr/> <hr/>

Fuente: elaboración propia.

La encuesta se divide en dos partes:

- La primera parte consta de una serie de preguntas puntuales para que el personal del departamento responda sobre aspectos generales en el consumo de papel.

- La segunda parte se estructura de tal forma que el entrevistado detalle las actividades donde hacen uso de papel y la cantidad en promedio de papel que se requiere.

3.2. Actividades con mayor consumo de papel

Algunas actividades utilizan una gran cantidad de papel en comparación con otras, y este incremento en el consumo se debe al mal uso del equipo de cómputo, impresoras y fotocopiadoras, o bien en la revisión del archivo o documento previo a su impresión. Más adelante se detalla el consumo promedio de papel durante el período de zafra y reparación.

3.2.1. Identificación de la problemática

El uso ineficiente del recurso del papel en el departamento de Administración de Recursos se debe a que no se cuenta con un programa de ahorro de papel, que permita el conocimiento y la práctica de los métodos de reutilizar, reducir y reciclar dicho recurso. Los beneficios de implementar un programa de ahorro de papel se presentan a continuación:

- Se puede conocer el consumo promedio de papel, por un período, para calcular el impacto ambiental.
- Compromiso por ahorrar los recursos naturales para realizar un uso eficiente de estos.
- Se pueden realizar actividades por medio de la regla de las tres erres:

- Utilizar el papel dándole la mayor utilidad posible antes de desecharlo (reusar).
- Simplificar el consumo de papel verificando el documento antes de su impresión. Asimismo, utilizar papel reciclado certificado imprimiendo estrictamente lo necesario (reducir).
- Evitar la mayor cantidad de basura posible, desechando de forma responsable el papel que ya no se utilizará (reciclar).

3.2.2. Consumo de papel

La cantidad de papel consumida por los colaboradores del Departamento de Administración de Recursos se deriva principalmente por la generación de reportes de maquinaria propia y maquinaria rentada, solicitud de órdenes de compra, solicitud de comisiones a proveedores, solicitudes por servicios, etc., en los períodos de zafra y reparación.

La tabla XV muestra el número de colaboradores pertenecientes a la oficina del Departamento de Administración de Recursos de acuerdo a los resultados de encuesta.

Tabla XV. Colaboradores de oficina del Departamento de Administración de Recursos

Puesto colaborador	Cantidad
Jefe de departamento	1
Asistente de departamento	1
Asistente inventario de maquinaria	1
Asistente de sistema de maquinaria	1

Continuación de la tabla XV.

Administrativos cosecha	3
Gestor de contrataciones externas	1
Asistente planificación de materiales	1
Asistente de presupuesto	1
Auxiliar planeación y control	1
Auxiliar de oficina	1
TOTAL	12

Fuente: elaboración propia.

La tabla XVI presenta el número de hojas utilizadas para fotocopias e impresiones por cada uno de los colaboradores para los diferentes períodos con datos aproximados.

Tabla XVI. Número de hojas utilizadas por colaborador para fotocopias e impresiones durante el período de zafra

Actividad	Puesto colaborador	Cantidad	Núm. hojas zafra / mes	Meses zafra	Total *
Reporte de ejecución de presupuesto	Jefe de departamento	1	10	7	70
Resumen de resultados de indicadores	Asistente de departamento	1	10	7	70
Impresión de tarjetas para circulación de vehículos / otros reportes	Asistente inventario de maquinaria	1	100	7	700
Listado de uso horas o km de maquinaria propia	Asistente de sistema de maquinaria	1	100	7	700
Pago de comisión a proveedores / Solicitudes de orden de compra	Administrativos Cosecha	3	5 000	7	105 000
Reportes para chequeos de uso de maquinaria rentada	Gestor de contrataciones externas	1	2 000	7	14 000

Continuación de la tabla XVI.

Solicitudes para pago de servicios	Asistente de planificación de materiales	1	100	7	700
Formato de apoyo a otras áreas	Asistente de presupuesto	1	200	7	1 400
Reporte comparativo de toneladas cortadas	Auxiliar planeación y control	1	100	7	700
Solicitudes para pago de servicios	Auxiliar de oficina	1	1 000	7	7 000
TOTAL		12	8 620	7	130 340

Fuente: elaboración propia.

Para el período de zafra, se consume en promedio 130 340 hojas lo cual implica un consumo de 260,68 resmas durante los 7 meses de operación.

Tabla XVII. **Número de hojas utilizadas por colaborador para fotocopias e impresiones en el período de reparación**

Actividad	Puesto colaborador	Cantidad	Núm. Hojas Repa. / mes	Meses Repa.	Total *
Reporte de ejecución de presupuesto	Jefe de departamento	1	10	5	50
Resumen de resultados de indicadores	Asistente de departamento	1	10	5	50
Impresión de tarjetas para circulación de vehículos / otros reportes	Asistente de inventario de maquinaria	1	100	5	500
Listado de uso horas o km de maquinaria propia	Asistente de sistema de maquinaria	1	100	5	500
Pago de comisión a proveedores / Solicitudes de orden de compra	Administrativos cosecha	3	500	5	2 500
Reportes para chequeos de uso de maquinaria rentada	Gestor de contrataciones externas	1	1 000	5	5 000

Continuación de la tabla XVII.

Solicitudes para pago de servicios	Asistente planificación de materiales	1	100	5	500
Formato de apoyo a otras áreas	Asistente de presupuesto	1	100	5	500
Reporte comparativo de toneladas cortadas	Auxiliar planeación y control	1	100	5	500
Solicitudes para pago de servicios	Auxiliar de oficina	1	100	5	500
TOTAL		12	2 120	5	10 600

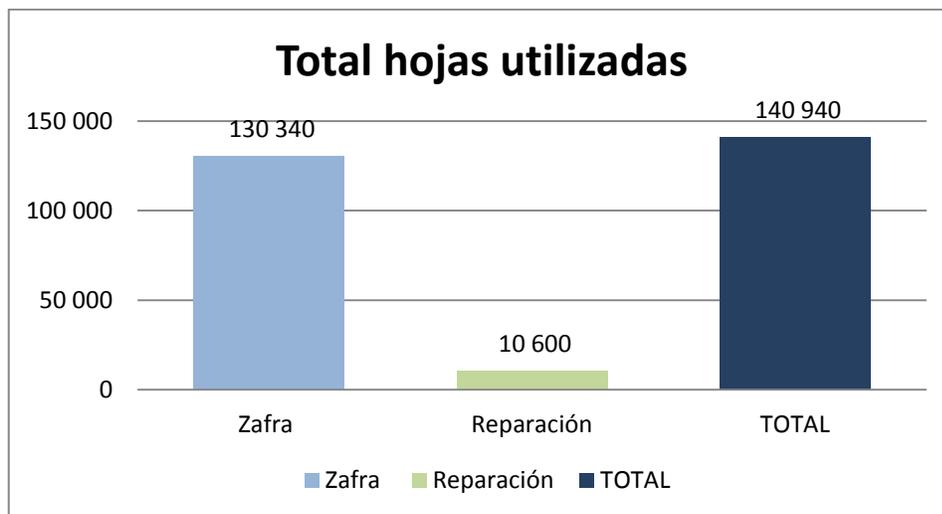
Fuente: elaboración propia.

Para este período de reparación se observa una disminución en el consumo de papel de un 92 % ya que este período no es de operación, es decir, no existe utilización de maquinaria en campo, y no existe la labor de corte (proveedores).

De la tabla anterior, se concluye que actualmente son utilizadas 10 600 hojas en las diferentes actividades del departamento en período de reparación, es decir, 21 resmas de papel aproximadamente. Siendo los reportes para chequeos de uso de maquinaria rentada, pagos de comisión a proveedores y solicitudes de orden de compra, las actividades que concentran más del 50 % del consumo de hojas de papel para esta temporada.

La figura 11 muestra el total de hojas utilizadas para fotocopias e impresiones en los períodos de zafra y reparación en el Departamento de Administración de Recursos.

Figura 11. **Gráfico núm. total de hojas utilizadas: zafra vs reparación**



Fuente: elaboración propia.

3.3. **Impacto ambiental previo a determinar la propuesta de un plan de ahorro**

El consumo promedio de resmas por cada período en el departamento de administración de recursos es de 261 resmas para período de zafra y 21 resmas para el período de reparación. Las medidas para el cálculo del impacto ambiental son las siguientes:

- Una resma equivale a 500 pliegos de papel.
- Una hoja de papel requiere de 370 centímetros cúbicos de agua limpia para ser producida. Es decir, se requiere de 370 litros de agua para producir mil hojas.
- Se utilizan 17 árboles para fabricar una tonelada de papel, lo cual indica que 1 árbol es capaz de producir 8 335 hojas de papel.

3.3.1. Cálculo del impacto ambiental

- Consumo de árboles: Si se utilizan 261 resmas de papel en el período de zafra y 21 resmas para el período de reparación, se obtiene:

$$282 \text{ resmas} \times (500 \text{ hojas} / 1 \text{ resma}) * (1 \text{ árbol} / 8\,335 \text{ hojas}) = 16,92 \text{ árboles}$$

El Departamento de Administración de Recursos consume aproximadamente 17 árboles en el año.

- Consumo de agua: para un consumo promedio de 282 resmas en el año, se obtiene:

$$282 \text{ resmas} \times (500 \text{ hojas} / 1 \text{ resma}) * (370 \text{ litros} / 1\,000 \text{ hojas}) = 52\,170 \text{ litros.}$$

Se consumen 52 170 litros de agua para los períodos de zafra y reparación en el departamento administrativo.

3.4. Plan de ahorro propuesto

Debido al estudio y análisis de la situación actual en cuanto al consumo de papel en el Departamento de Administración de Recursos, se pudo observar una gran cantidad de papel utilizado para distintos fines en los procesos propiamente del departamento, por lo que es fundamental que el mismo cuente con un plan de ahorro que permita la reducción de los costos y minimice el impacto sobre el medio ambiente.

3.4.1. Regla de las tres erres

Es una propuesta sobre hábitos de consumo que ayuda a la sostenibilidad del medio ambiente, específicamente para reducir el impacto humano sobre el medio ambiente mediante el uso eficiente de los recursos. Esta regla se compone de tres métodos fundamentales; reducir, reutilizar y reciclar. Aplicando cada uno de los métodos anteriores, permitirá desarrollar hábitos de consumo responsable, reducir el volumen de desperdicios, ahorro y reducción de costos.

En la siguiente tabla se presenta la propuesta de plan de las tres erres con base en las actividades que consumen papel en el Departamento de Administración de Recursos.

Tabla XVIII. **Fundamentos para el plan de las tres erres**

Actividad	Puesto que realiza la actividad	Actividades que se encuentran bajo alguna normativa	Actividades que pueden realizarse bajo la regla de tres erres	Actividades que pueden automatizarse
Reportes para chequeos de uso de maquinaria rentada	Gestor de contrataciones externas			X
Reporte de ejecución de presupuesto	Jefe de administración de recursos			X
Resumen de resultados de indicadores	Asistente de administración de recursos			X
Reporte comparativo de toneladas cortadas	Auxiliar planeación y control		X	
Listado de inventario actualizado de maquinaria	Asistente de sistema de maquinaria		X	

Continuación de la tabla XVIII.

Impresión de tarjetas de circulación de vehículos	Asistente inventario de maquinaria	X		
Pago de comisión a proveedores	Administrativos cosecha		X	
Solicitudes de orden de compra	Administrativos cosecha		X	
Solicitudes para pago de servicios	Asistente planificación de materiales / Auxiliar de oficina		X	
Formato de apoyo a otras áreas	Asistente de presupuesto		X	
Solicitudes de materiales	Auxiliar de oficina		X	

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1. Reducir

La reducción del consumo de papel es la técnica de mayor relevancia de la estrategia ya que permite el uso óptimo de los recursos aplicando buenas prácticas en la gestión documental para la disminución de los costos asociados a la administración del papel.

Esta técnica se basa en la política de producción más limpia que se formula sobre una visión a largo plazo, como una solución de la problemática ambiental de los sectores productivos, buscando prevenir la contaminación desde su origen, obteniendo resultados concretos y significativos en cuanto a sostenibilidad, competitividad y desempeño ambiental.

Otro aspecto a destacar es que la producción más limpia tiene como propósito integrar los objetivos ambientales en los procesos administrativos y productivos, aplicando la reducción en el consumo de los recursos disponibles para minimizar los desechos y emisiones en lo que se refiere a la cantidad y toxicidad y así reducir los costos.

La importancia de establecer un plan de ahorro en el consumo de papel es precisamente basarse en reducir al máximo la utilización de este recurso, que permita disminuir la emisión de desechos sólidos generados en el departamento y que no se dé la tala inmoderada de árboles que afecte el entorno de los seres humanos y al medio ambiente.

Al aplicar correctamente esta técnica de reducción dentro de los procesos administrativos se obtienen los siguientes beneficios presentados en la tabla.

Tabla XIX. Beneficios en la reducción del consumo de papel

Beneficiarios	Beneficio adquirido
Empresa, entidades u organizaciones	Procesos y servicios más eficaces y eficientes. Aumento de la productividad. Uso óptimo de recursos disponibles. Disminución de costos asociados a la administración de papel. Mejora en el acceso a la información dentro de un área o departamento. Elimina la duplicidad de documentos. Reduce las necesidades de espacio de almacenamiento.
Medio ambiente	Ahorro de papel. Reducción de emisión de residuos. Disminución del consumo de recursos naturales empleados en la fabricación del papel: árboles, agua y energía. Disminución de la contaminación producida por los productos blanqueadores de papel.

Continuación de la tabla XIX.

	Disminución en el consumo de energía empleada en imprimir, fotocopiar, etc. Reduce los residuos contaminantes como tóner, cartuchos de tinta, etc. Contribuye al desarrollo sostenible, el consumo responsable de recursos que no comprometa el desarrollo social y ambiental de las generaciones futuras.
--	--

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran buenas prácticas que se deben emplear para la reducción de consumo de papel en el departamento.

- Realizar impresiones y reproducciones de documentos a doble cara que reduce almacenamiento para un mejor uso en su manipulación. Esto se debe aplicar para los reportes comparativos de toneladas, listados actualizados de inventarios de maquinaria, y solicitudes de orden de compra.
- Para evitar errores en la impresión de documentos, se debe capacitar al personal sobre el uso correcto de los equipos, impresoras y fotocopiadoras. Capacitar en el manejo adecuado de los equipos como las herramientas para realizar impresiones a doble cara.
- Dar mantenimiento constante a impresoras y fotocopiadoras con el objeto de prevenir impresiones en mal estado o atascos de papel.
- Utilizar el correo electrónico para aquellas actividades que no sea necesaria su impresión. Esto permitirá enviar los documentos con mayor brevedad sin utilizar papel. Actividades que pueden ser enviadas por

correos serían formato de apoyo a otras áreas, informes y reportes de maquinaria.

- Utilizar proyector y computadoras para los reportes de ejecución de presupuesto.
- Colocar un rótulo de concientización en las paredes del departamento, con dimensiones de 21,59 cm por 27,94 cm (hoja tamaño carta), como se muestra en la siguiente figura:

Figura 12. **Rótulo de concientización**



Fuente: elaboración propia.

- Luego de solicitar las resmas de papel a la bodega que suministra el recurso al departamento, se debe almacenar el mismo en cajas plásticas identificadas con un rótulo que indique "Hojas para usar", como se muestra en la siguiente figura:

Figura 13. **Caja plástica para almacenamiento de papel a usar**



Fuente: elaboración propia.

3.4.1.2. Reutilizar

Esta es la segunda “erre” más importante, debido a que también reduce impacto en el medio ambiente indirectamente. Se basa en utilizar nuevamente el recurso para darle una segunda vida útil. En el caso del papel sería utilizar la segunda cara de la misma para otras actividades, como resumen de datos. Seguidamente se proponen buenos hábitos que deben ser utilizados en la oficina para este método.

- Utilizar el papel que no ha sido utilizado de ambas caras de la hoja en tareas como impresión de borradores, tachando la parte que ya haya sido utilizada para evitar confusiones.
- Almacenar en una caja de plástico identificada para el papel que se va a reutilizar, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 14. **Caja de plástico para almacenaje de papel a reutilizar**



Fuente: elaboración propia.

3.4.1.3. Reciclar

Este método se basa en tratar los desechos con el fin de procesarlos para transformarlo en un recurso que pueda volver a consumirse. El reciclaje es sin duda una opción que toda empresa de optar para hacer frente a los residuos de una oficina. Se presenta a continuación una forma útil de reciclar de forma responsable el papel que no se utilizará para ninguna actividad.

Se debe tener contacto con empresas profesionales en la recuperación y reciclaje de papel como la empresa Red Ecológica. El Departamento de Administración de Recursos puede optar por esta empresa que se encarga de recolectar el papel que ya no se utilizará en sus cajas ecológicas para su posterior transformación en nuevos productos. La figura 15 muestra el tipo de contenedor que debe tener la empresa.

Figura 15. **Contenedor de reciclaje**



Fuente: *Red Ecológica*. http://redecologica.com.gt/?page_id=952. Consulta: 14 de mayo de 2015.

Al ingresar al link www.redecologica.com.gt, se pueden observar los tipos de materiales a reciclar y la forma en que se deben recolectar.

3.4.1.4. Automatización de actividades

El proceso de automatización es el paso de cualquier actividad que sea realizada manualmente a un proceso totalmente automático sin necesidad de manipularlo. Esto permite el ahorro en tiempo y recurso del papel que es utilizado.

La automatización de estas actividades se debe realizar mediante lo siguiente:

- Se debe realizar una carta solicitando la automatización de estas actividades al gerente del área de Informática de la organización firmada por el gerente del área de cosecha al que pertenece el Departamento de Administración de Recursos.
- Proporcionar los archivos en Excel donde se realizan los cálculos de estas actividades para que pueda obtener el área de informática toda la información necesaria para la automatización.
- Una vez finalizada la automatización se debe verificar constantemente los resultados de la automatización para asegurar que sean los datos correctos para cada actividad.

Las actividades que son posibles de automatizar se observaron en la tabla XVIII: reportes de chequeos de uso de maquinaria rentada, reportes de ejecución de presupuesto y el resumen de los resultados de indicadores que consumen en promedio para el período de zafra 14 000,70 y 70 hojas de papel respectivamente, y 5 000,50 y 50 para el período de reparación.

El consumo promedio para estas tres actividades para el período de zafra es de 14 140 hojas utilizadas y 5 100 hojas para el período de reparación. Lo que en total da 19 240 hojas consumidas en el año, lo que indica 38,48 resmas de papel menos utilizadas en las actividades.

3.5. Impacto ambiental luego de proponer el plan de ahorro

De los datos que muestra la gráfica 11, se determinó que el departamento de Administración de Recursos utiliza en promedio 140 940 hojas anuales. Con el método de automatización de los reportes por chequeos de uso de maquinaria rentada, reporte de ejecución de presupuesto y resumen del cálculo de indicadores se reduce a:

$$140,940 - 19,240 = 121,700 \text{ hojas anuales}$$

Este resultado implica una reducción en el consumo de 14 % lo que da una reducción de 38,48 resmas de papel. Con la aplicación de la regla de las tres erres se disminuye el consumo en un 30 % más, dando una reducción de 36 510 hojas que corresponden a 73,02 resmas de papel.

Con la aplicación de este plan de ahorro, se obtiene un total 170,38 resmas de papel a utilizar en el departamento.

- Consumo de árboles: si se utilizan 170,38 resmas de papel en el período de zafra y período de reparación, se obtiene:

$$170.38 \text{ resmas} \times (500 \text{ hojas} / 1 \text{ resma}) * (1 \text{ árbol} / 8,335 \text{ hojas}) = 10.22 \text{ árboles}$$

El Departamento de Administración de Recursos consumiría aproximadamente 10 árboles en el año. Lo que representa un ahorro de 40 % en el consumo de árboles con respecto al consumo actual.

- Consumo de agua: para un consumo promedio de 243,4 resmas en el año, se obtiene,

$$170,38 \text{ resmas} \times (500 \text{ hojas} / 1 \text{ resma}) * (370 \text{ litros} / 1 \text{ 000 hojas}) = 31 \text{ 520 litros.}$$

Se consumirían 31 mil litros de agua para los períodos de zafra y reparación en el departamento administrativo. Lo cual indica una reducción en el consumo de agua de 20 650 litros de agua.

3.6. Costo del plan de ahorro

Los costos en que se debe incurrir para llevar a cabo el plan de ahorro se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XX. **Costos para el plan de ahorro**

Producto	Precio (Q)
Caja plástica para almacenamiento de papel a utilizar	85,00
Caja plástica para almacenamiento de papel a reutilizar	85,00
2 rótulos de concientización de 40 cm x 50 cm	150,00
Etiqueta para rótulo de concientización	30,00
TOTAL	350,00

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR SOBRE LA IMPORTANCIA DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE ESPERA

En la siguiente fase se presentan los lineamientos a seguir para la planificación, ejecución, seguimiento, evaluación y mejoras del proceso de inducción al área de transporte de caña de azúcar.

A fin de que el siguiente proceso de capacitación sea eficaz se desarrollará bajo un enfoque sistemático, el cual consiste en cinco partes:

- Planeación de la capacitación
 - Análisis de la situación
 - Elección de los medios de capacitación

- Organización de la capacitación
 - Diseño del plan de capacitación
 - Diseño del programa de capacitación
 - Definición de objetivos de la capacitación
 - Análisis de disponibilidad de recursos

- Ejecución de la capacitación
 - Implementar plan de capacitación

- Evaluación, control de la capacitación
- Seguimiento de la capacitación

4.1. Planeación de capacitación

Toda empresa tiene el propósito de impulsar la eficacia organizacional, por lo que la capacitación contribuye a elevar el nivel de rendimiento de sus colaboradores y con ello, el incremento en la productividad. Un plan de capacitación consta de varias fases, las cuales se describen a continuación.

- Objetivo de la capacitación: establecer lineamientos a seguir para la eficaz planificación.
- Análisis de disponibilidad de recursos: análisis de infraestructura, mobiliario y equipo, material de apoyo, horarios, etc.
- Divulgación del plan de capacitación: elaborar afiches informativos.
- Desarrollo de las capacitaciones: elaborar presentación a utilizar para el desarrollo de las capacitaciones.
- Evaluación de efectividad de capacitación: implementar metodología de evaluación escrita.
- Acciones a tomar: proponer y recomendar aspectos relevantes del tema impartido.

4.1.1. Análisis de la situación

En esta etapa se busca plantear los cursos de acción de la capacitación a impartir a través de la aplicación de la herramienta de la jerarquía de las necesidades de Maslow, es posible establecer un conjunto de necesidades que pueden considerarse para la elaboración del plan de capacitación.

- Necesidades de autorrealización: son las necesidades de realización potencial, utilización plena de los talentos individuales, etc.
- Necesidades de estima: se refiere a la reputación, reconocimiento, autor respeto, amor, etc.
- Necesidades sociales: se compone de la amistad, pertenencia a grupos, etc.
- Necesidades de seguridad: protección contra el peligro o las privaciones.

Dentro del Ingenio Magdalena, en el área de transporte de caña de azúcar, la detección de necesidades de capacitación se realizó a través de un análisis visual y entrevista con el jefe de área conformándola por tres aspectos:

- De la organización: se centra en la determinación de los objetivos de la empresa, sus recursos, y su relación con el trabajo.
- De las funciones: se enfoca sobre el trabajo, revelando las capacidades que debe tener cada individuo dentro de la organización, en términos de liderazgo, motivación, comunicación y dinámica de grupos.
- De las personas: considera las fortalezas y las debilidades en el conocimiento, las actitudes, y las habilidades que los empleados poseen.

A continuación, se presenta la pirámide de necesidades detectadas por cada aspecto definido para el área de transporte de caña.

Figura 16. Pirámide de necesidades



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Elección de los medios de capacitación

- ¿A quién debe capacitarse? Se capacitará a todo el personal del área, esto con el fin de que todos los involucrados tengan las mismas metas y objetivos.
- ¿Quién será el capacitador? El capacitador será el estudiante del ejercicio profesional supervisado.
- ¿Acercas de qué capacitar? Se capacitará sobre la importancia de reducir los tiempos de espera a través de la optimización de recursos con un sistema de colas adecuado.

- ¿Dónde capacitar? Las capacitaciones se llevarán a cabo en las salas de capacitación disponibles dentro del ingenio.
- ¿Cómo y cuándo capacitar? Se presenta un plan de capacitación.

4.2. Organización de la capacitación

Luego de conocer y analizar la situación y la elección de los medios de capacitación, procede al diseño del plan de capacitación, diseño del programa y el análisis de disponibilidad de recursos.

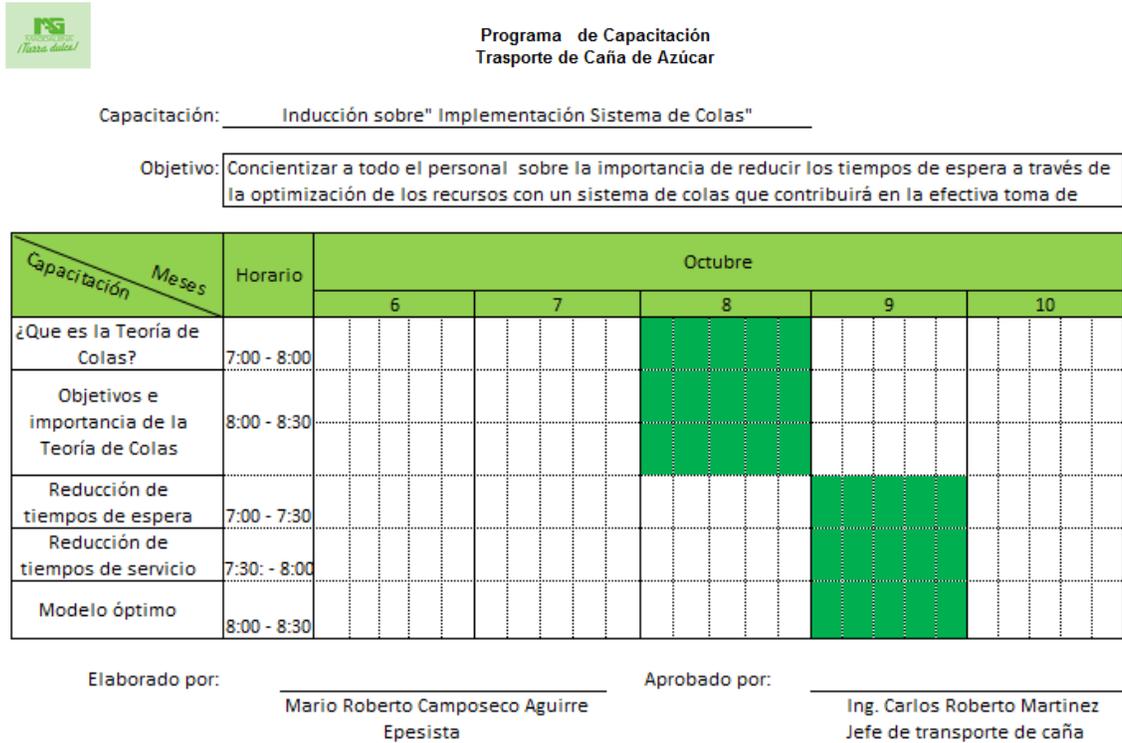
4.2.1. Diseño del plan de capacitación

El proceso de inducción al personal del área de transporte de caña de azúcar se desarrollará en un período de 16 días, el cual abarcará los meses de septiembre y octubre del año 2015.

Dicho proceso se implementará con el fin de concientizar a todo el personal sobre la importancia de reducir los tiempos de espera a través de la optimización de los recursos con un sistema de colas que contribuirá en la efectiva toma de decisiones.

En la figura 17 se presenta el plan de capacitación con la planificación de cada una de las fases o actividades programadas que se desarrollarán durante el proceso de inducción.

Figura 18. Programa de capacitación



Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Definición de objetivos de la capacitación

El desarrollo y cumplimiento del proceso de inducción tiene como objetivo principal establecer los lineamientos a seguir para la eficaz planificación, ejecución, seguimiento e implementación del modelo de colas presentado; con el fin de la adaptación del personal para el ejercicio de las funciones asignadas en el área de transporte de caña de azúcar y optimizar así los tiempos de espera.

4.2.4. Análisis de disponibilidad de recursos

La correcta ejecución del proceso de inducción dependerá en gran parte de una detección adecuada de los recursos necesarios, detección que se realizó en conjunto con el Área de Recursos Humanos, MAGRISA; se determinó que se requerirá lo siguiente:

- Instalaciones con una infraestructura adecuada (iluminación, ventilación)
- Mobiliario y equipo (sillas, mesa, proyector, pizarrón)
- Material de apoyo

4.2.4.1. Instalaciones

Las capacitaciones se realizarán en la sala 1 ubicada en MAGRISA, la sala con mayor capacidad de personas y una de las más importantes para las reuniones de gerencia y jefatura de la organización.

Dicho salón cuenta con las condiciones requeridas, proyector para poder ejecutar la presentación de diapositivas y una pizarra en caso se deba explicar con ejemplos algún modelo de teoría de colas o realizar un gráfico para su mejor entendimiento. En la figura 19 se muestra la instalación.

Figura 19. **Sala núm. 1 MAGRISA**



Fuente: elaboración propia.

4.2.4.2. Horarios de personal

Los horarios en que se impartirá la capacitación se encuentran en el programa de capacitación descrito en la figura 18. Debido a la dificultad de reunir a todo el personal y contar con un horario disponible por la diversidad en las jornadas y grupos de trabajo, se solicitó con la gerencia de la empresa un horario por la mañana durante dos días consecutivos para la ejecución de las mismas; sin afectar las actividades y operaciones propias del área de transporte de caña.

Tabla XXI. **Horario de la capacitación**

Días	Horario	Duración (horas)
Jueves 08 de octubre	7:00 am - 8:30 am	1,5
Viernes 09 de octubre	7:00 am - 8:30 am	1,5

Fuente: elaboración propia.

4.2.4.3. Material de apoyo

Se realizó una presentación de diapositivas con contenido gráfico e informativo, ya que éstas son medios audiovisuales que captan con facilidad la atención de las personas y permiten lograr un mejor conocimiento del tema en la ejecución de las capacitaciones al personal del área de transporte de caña de la organización.

4.2.4.4. Facilitadores

La persona encargada de brindar la capacitación es el estudiante del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería, quien es la mejor opción en brindar la misma al personal del área de transporte de caña debido al enfoque en temas específicos del tema y la importancia del conocimiento de los resultados obtenidos de la fase de servicio técnico profesional.

4.2.5. Divulgación del plan de capacitación

El medio más adecuado para la divulgación del plan de capacitación fue a través del correo electrónico, en el cual se hizo saber las fechas, horarios y temas a los involucrados en el proceso de capacitación. Esto se realizó con una semana de anticipación con el objetivo de asegurar que todo el personal se

encontrará disponible para los horarios establecidos y en caso alguno presentará algún inconveniente, informar al jefe directo la importancia de asistir a dicha capacitación y dar la autorización al mismo para poder recibirla.

Otro medio utilizado para dar a conocer el plan de capacitación fue por medio de la realización de afiches, los cuales se situaron en la entrada principal del área de transporte y en la sala asignada para realizar la capacitación.

4.2.6. Desarrollo de las capacitaciones

En la parte del desarrollo de las capacitaciones, se describe cada punto del proceso de preparación de todo el material de las capacitaciones.

4.2.6.1. Preparación del material de apoyo

Se presenta el proceso de la elaboración del material de apoyo para las capacitaciones.

4.2.6.1.1. Elaborar presentación

La elaboración de la presentación es el punto principal de este proceso de inducción ya que es la herramienta que se utilizará para presentar los conceptos y definiciones importantes sobre los temas a impartir y la forma de poder llevar a un buen control en el sistema de colas en el patio de caña.

Finalmente se presentarán los resultados del modelo propuesto y la reducción del costo que beneficie la operación de la organización mediante la aplicación del mismo.

4.2.6.1.2. Impresión de afiches

Para la impresión de los afiches, se utilizaron hojas tamaño carta reciclable como seguimiento a las actividades que se deben cumplir para contar con una oficina verde.

Estos afiches fueron colocados en un espacio asignado en la entrada del área y en la puerta de la sala donde se ejecutarán las capacitaciones. Estos espacios fueron proporcionados por jefatura para evitar cualquier inconveniente sobre colocación de afiches ajenos a las actividades propias del área.

Figura 20. Afiche informativo

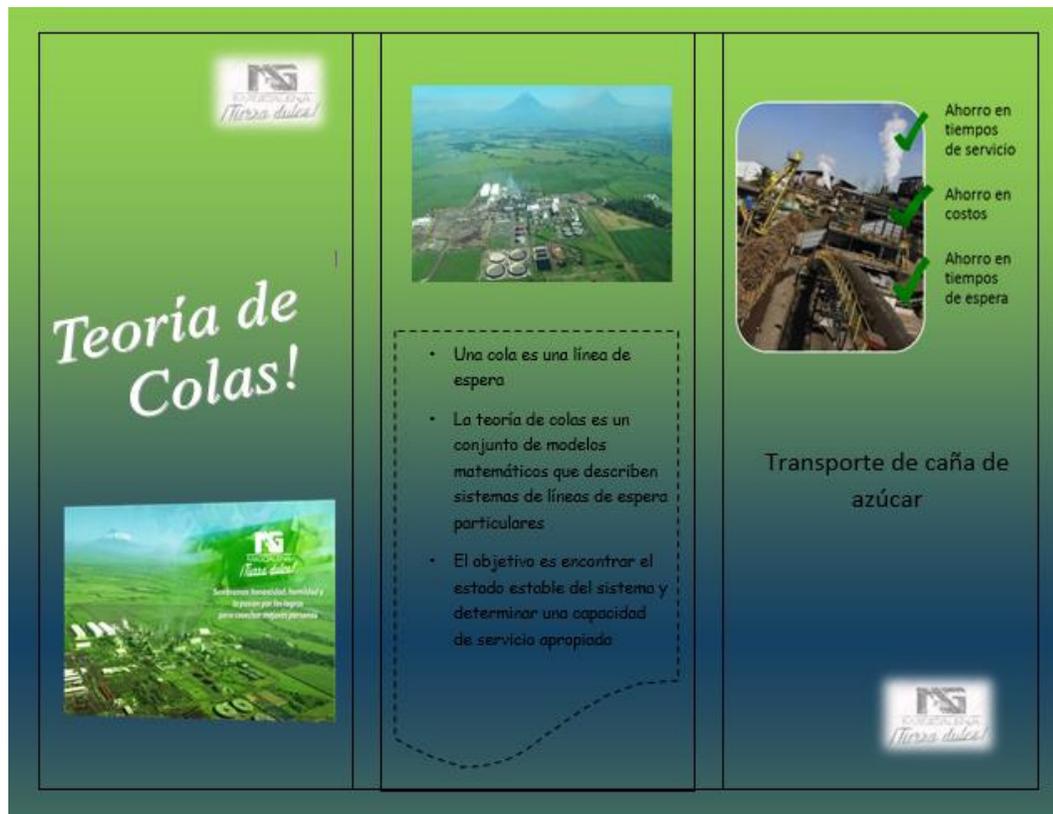


Fuente: elaboración propia.

4.2.6.1.3. Elaborar folleto informativo

Con el fin de concientizar al personal de una manera creativa, se elaboró un afiche ilustrativo que fue entregado individualmente para que a través de imágenes e ilustraciones, el personal pueda recordar la importancia de la aplicación de un modelo de teorías de cola para la optimización de los tiempos de espera.

Figura 21. Folleto informativo



Fuente: elaboración propia.

4.2.6.2. Ejecución de capacitaciones

La capacitación se impartió a 15 colaboradores que forman parte del área de transporte de caña de azúcar; en un período de dos días consecutivos una hora y treinta minutos cada día, siendo estos los días jueves 08 y viernes 09 de octubre según lo planificado; los temas a impartir se dividieron en dos partes.

El día 08 de octubre el personal fue capacitado sobre la importancia de la teoría de colas aplicada en el patio de intercambio, área principal para la llegada de toda la materia prima (caña de azúcar) la cual es trasladada a los molinos para su proceso final, así como temas referentes a:

- ¿Qué es la teoría de colas?
- ¿Cuál es su función y objetivo?
- Importancia de la teoría de colas
- ¿Qué es una línea de espera?
- Características operativas principales de un modelo de colas
- Estructura de una línea de espera
- Costos de espera y de servicio
- Análisis de la curva costo total de servicio vs cantidad de servidores

El día 9 de octubre la inducción abordó los siguientes temas:

- Aplicación de la teoría de colas para la reducción de tiempos de espera.
- Aplicación de la teoría de colas para la reducción de tiempos de servicio.
- Presentación de modelo óptimo.
- Beneficios de trabajar con el nuevo modelo óptimo.
- Procedimiento descriptivo a seguir para la implementación del modelo óptimo.

- Espacio de preguntas y respuestas.

Como parte del material de apoyo, se entregó una copia impresa al personal de la presentación de diapositivas colocando los temas principales a tratar y conceptos básicos para el entendimiento del proyecto que se realizó en la organización. Como se muestra en las figuras 22 y 23, la ejecución de una de las capacitaciones.

Figura 22. **Ejecución de capacitación 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Ejecución de capacitación 2**



Fuente: elaboración propia.

4.2.6.2.1. Registro de asistencia

Se elaboró un registro de asistencia de participantes con el objeto de controlar y evidenciar la participación de los quince colaboradores requeridos.

Este registro servirá como instrumento para el registro del nombre, puesto y firma de los colaboradores, así como para la tabulación posterior de los resultados obtenidos en la evaluación de efectividad de capacitación. El formato utilizado para tener el registro de asistencia se presenta en la figura 24.

Figura 24. Hoja de control de asistencia

	Hoja de Control de Asistencia Transporte de Caña de Azúcar Proyecto EPS		
	Tipo:		Fecha:
	Tema:		Hora inicio:
	Lugar:		Hora final:

No.	Nombre	Puesto	Firma
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

Nombre de colaborador responsable: _____

Firma de colaborador responsable: _____

Fuente: elaboración propia.

Este registro se tuvo que presentar al jefe encargado del proyecto para asegurarse que todo el personal asistió a la capacitación y tener respaldo que la sala fue solicitada y apartada para realizar la fase de docencia del proyecto.

4.2.7. Evaluación de efectividad de la capacitación

Con el fin de medir la efectividad de los temas presentados en la capacitación y garantizar una correcta implementación de modelo óptimo presentado, se implementó una metodología de evaluación escrita dividida en dos partes.

En la primera parte de la capacitación se solicitó a los asistentes completar un formato de evaluación de capacitación con el fin de medir su percepción respecto a las aptitudes del capacitador, los contenidos del curso, y del evento en general. El formato utilizado se presenta en la figura 25.

En la segunda parte la medición de efectividad se realizó a través de la aplicación de un examen escrito sobre los temas impartidos durante la presentación, esto con el fin de evaluar individualmente los conocimientos adquiridos. El formato utilizado se presenta en la figura 26.

4.2.7.1. Evaluación del capacitador

Para medir la percepción de los asistentes respecto al evento de la capacitación se elaboró un cuestionario cualitativo con ocho preguntas divididas en tres secciones:

Del instructor: en este caso el estudiante del ejercicio profesional supervisado de la Facultad de Ingeniería se desarrollaron cuatro preguntas directas con opción de respuesta sí o no que calificarán las aptitudes y conocimientos del mismo.

Del curso: se desarrollaron dos preguntas con una escala para valorar entre excelente, bueno, regular y malo, que calificarán los aspectos del contenido de la capacitación.

Del evento: se desarrollaron dos preguntas con una escala para valorar entre excelente, bueno, regular y malo, que calificarán la infraestructura donde se desarrolló la capacitación.

Figura 25. **Formato de evaluación del evento de la capacitación**



TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR
PROYETO DE EPS
EVALUACIÓN DEL EVENTO DE CAPACITACIÓN

A continuación encontrará una serie de preguntas que le sugerimos sean contestadas con la mayor claridad y sinceridad posible, el propósito es mejorar día con día nuestro proceso de capacitación

Nombre del Evento: _____

Fecha: _____

DEL INSTRUCTOR

¿Motivó el Instructor la participación de los asistentes?

Si ___ No ___

¿Llenó el Instructor las expectativas que usted tenía del curso?

Si ___ No ___

¿Cómo considera la preparación del Instructor en cuanto al curso que impartió?

Excelente ___ Bueno ___ Regular ___ Malo ___

Los temas que el Instructor desarrolló, fueron claros, amplios y de fácil comprensión.

Si ___ No ___

DEL CURSO

¿La información que se impartió será de utilidad para su desempeño laboral?

Si ___ No ___

El material del curso que se le proporcionó fue:

Excelente ___ Bueno ___ Regular ___ Malo ___

DEL EVENTO

¿Cómo calificaría el evento?

Excelente ___ Bueno ___ Regular ___ Malo ___

¿Cómo considera las instalaciones donde se desarrolló el evento?

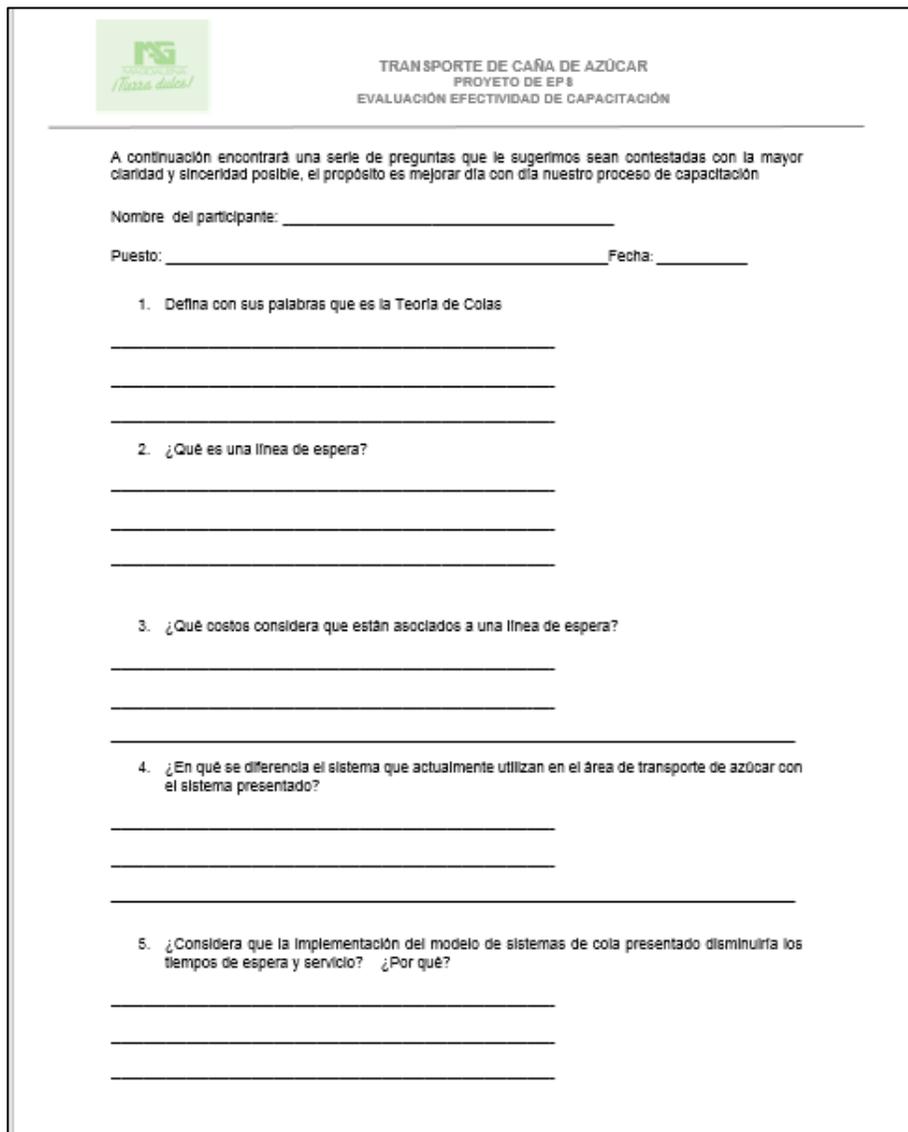
Excelente ___ Bueno ___ Regular ___ Malo ___

MUCHAS GRACIAS

Fuente: elaboración propia.

En la segunda parte, la efectividad se midió a través de la aplicación de un examen escrito sobre los temas impartidos durante la presentación. El formato utilizado se presenta en la siguiente figura.

Figura 26. **Formato de evaluación efectiva de la capacitación**



The image shows a form titled "TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR" with a sub-header "PROYETO DE EP 8" and "EVALUACIÓN EFECTIVIDAD DE CAPACITACIÓN". It includes a logo for "ING" with the slogan "Tierra dulce!". The form contains five numbered questions related to queue theory and service systems, each followed by horizontal lines for the respondent's answer.

ING
Tierra dulce!

TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR
PROYETO DE EP 8
EVALUACIÓN EFECTIVIDAD DE CAPACITACIÓN

A continuación encontrará una serie de preguntas que le sugerimos sean contestadas con la mayor claridad y sinceridad posible, el propósito es mejorar día con día nuestro proceso de capacitación

Nombre del participante: _____

Puesto: _____ Fecha: _____

1. Defina con sus palabras que es la Teoría de Colas

2. ¿Qué es una línea de espera?

3. ¿Qué costos considera que están asociados a una línea de espera?

4. ¿En qué se diferencia el sistema que actualmente utilizan en el área de transporte de azúcar con el sistema presentado?

5. ¿Considera que la implementación del modelo de sistemas de cola presentado disminuiría los tiempos de espera y servicio? ¿Por qué?

Fuente: elaboración propia.

Del registro de los quince participantes que llenaron la evaluación se tabularon los resultados, de los cuales se presenta en la tabla XXII del resumen con la percepción en general.

Tabla XXII. **Resultados de la evaluación**

Núm. evaluación	Nota
1	80
2	90
3	95
4	85
5	85
6	90
7	90
8	90
9	95
10	100
11	100
12	80
13	90
14	100
15	100

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra el resumen con la percepción en general de la evaluación.

Tabla XXIII. **Evaluación del evento de capacitación**

Aspecto	Resultado	Descripción
del instructor	Excelente	Se tabularon los resultados de las 15 evaluaciones ejecutadas de las cuales se obtiene una media con el resultado: excelente que refleja que el instructor fue claro con los conceptos, y temas desarrollados, motivó la participación del personal y en general llenó las expectativas de los asistentes.

Continuación de la tabla XXIII.

del curso	Bueno	Se tabularon los resultados de las 15 evaluaciones ejecutadas de las cuales se obtiene una media con el resultado: Bueno que refleja que se logró el objetivo que el contenido del curso fue innovador, y de utilidad para el desempeño de sus actividades. Con la observación de que hasta que el modelo sea implementado se obtendrán los beneficios en la optimización y reducción de tiempos de espera y servicio.
del evento	Excelente	Se tabularon los resultados de las 15 evaluaciones ejecutadas de las cuales se obtiene una media con el resultado: excelente que refleja que se contó con instalaciones adecuadas en espacio, iluminación, mobiliario y equipo, lo cual permitió que el entorno de la capacitación fuera del agrado de los asistentes.

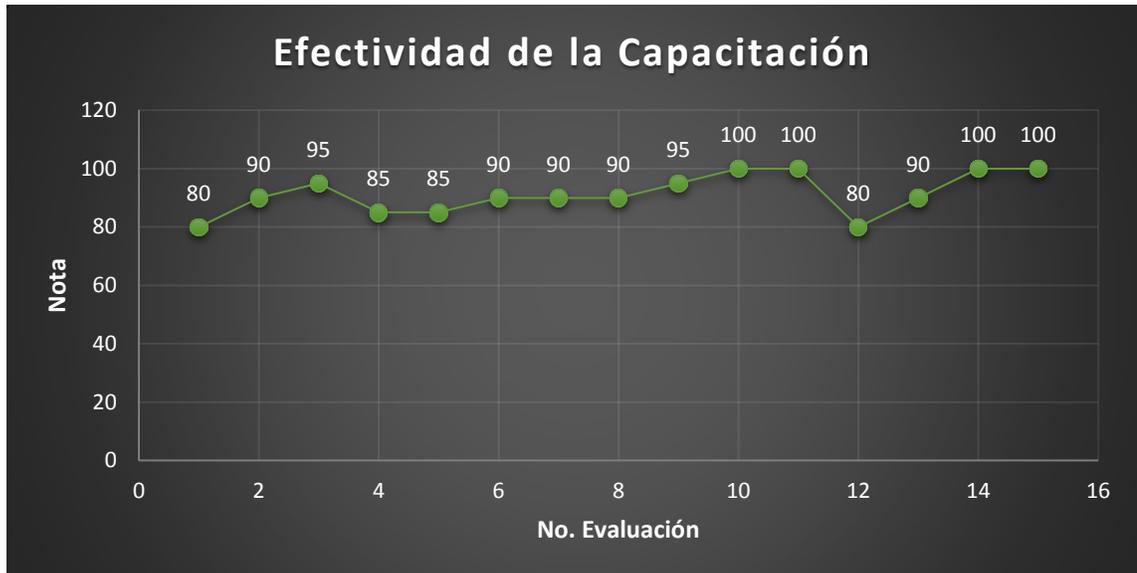
Fuente: elaboración propia.

4.2.7.2. Evaluación del personal

Para medir la efectividad de la capacitación impartida se elaboró un cuestionario escrito de cinco preguntas basadas en la información proporcionada en la presentación de diapositivas y el material de apoyo.

Dicha evaluación tendrá una ponderación de 100 puntos como nota máxima, para aprobar la evaluación el asistente deberá tener una nota mínima de 75 puntos que evidenciará la efectividad del curso; de no ser así se tomarán las acciones pertinentes para asegurar la efectividad de la capacitación. La gráfica de resultados se muestra en la figura 27.

Figura 27. **Gráfica de efectividad de la capacitación**



Fuente: elaboración propia.

4.2.8. Acciones a tomar

Al concluir la fase de docencia sobre la implementación de un modelo de colas en el área de transporte de caña de azúcar se recomienda:

- Realizar un análisis de los datos presentados para evidenciar cómo el personal tuvo una aceptación positiva del modelo propuesto.
- La inclusión de los temas relacionados a la nueva teoría de colas en su programa anual de capacitaciones para reforzar y actualizar constantemente al personal del área.

- Reforzar con el personal los beneficios en la optimización en los tiempos de espera al aplicar correctamente el modelo propuesto.
- Reforzar con el personal el ahorro en costos, al optimizar los tiempos de servicios, y el aumento en la productividad al atender más camiones en menos tiempo.
- Incluir dentro de las mediciones de desempeño que miden la eficiencia del área, metas y objetivos relacionados al cumplimiento del modelo de colas.

CONCLUSIONES

1. Se logró agilizar el proceso de ingreso de unidades cañeras al patio de intercambio, reubicando el área designada para estas unidades a una nueva área que permitiera el orden y la agilización en la entrada a báscula.
2. Se determinaron los factores para el sistema actual del transporte de caña, y se conoció que el proceso trabaja con un sistema de teoría de colas (M/M/s/Infinito), presentando con este modelo una condición de estado inestable, debido a que la tasa de servicio es de 4,97 unidades / hora, siendo esta menor a la demanda de 16,04 unidades / hora, por lo cual la mejora que se realizó fue incrementar un servidor al sistema para el período de zafra.
3. Se estableció un indicador de desempeño para el modelo propuesto, con el fin de medir la productividad del sistema de transporte de caña. Se definió como el porcentaje de cumplimiento del tiempo de ciclo del transporte, el cual permite conocer de manera diaria la cantidad de camiones por unidad de tiempo, que cumplen con el tiempo programado o establecido dentro del patio de intercambio. Mediante la adquisición de un nuevo tandem de molinos, la organización aumentará su productividad en un 33 % y por ende su capacidad de molienda diaria para la producción de azúcar en un tiempo más corto de zafra. Esto permitirá obtener ahorros en el presupuesto que se tenía contemplado.

4. A través de una encuesta dirigida al personal del Departamento de Administración de Recursos, se conocieron las actividades donde se consume papel. Esta información sirvió para elaborar un plan de ahorro del recurso, basado en la regla de tres erres, lo que permitió disminuir el consumo en un 30 % al practicar las técnicas de reducir, reutilizar y reciclar.

5. Se realizó una capacitación al personal encargado del área de transporte de caña de azúcar, en la cual se desarrolló el tema sobre la importancia en la reducción de tiempos de espera mediante la aplicación de un modelo de colas adecuado para cada período en el que se encuentre la zafra. Asimismo, se verificó la efectividad de capacitación por medio de una evaluación en la cual se apreciaron resultados favorables por parte del personal del área.

RECOMENDACIONES

A la superintendencia del área y jefatura del transporte de caña de azúcar de Ingenio Magdalena:

1. Realizar evaluaciones mensuales al personal, con el fin de verificar el desempeño de las actividades y poder asegurar un manejo adecuado de las operaciones en el transporte de caña de azúcar.
2. Realizar análisis de los factores del sistema de transporte al finalizar cada período de zafra para observar el comportamiento del sistema y cola en el patio de intercambio. Esta acción permitirá tener un mejor control de la operación para la efectiva toma de decisiones.
3. Efectuar el cálculo del indicador de productividad del cumplimiento del tiempo de ciclo de forma diaria que permita el control de los tiempos de servicio con el fin de tomar decisiones pertinentes que apoyen a las operaciones del transporte y optimización en los sistemas de control.
4. Mantener en buenas condiciones las señalizaciones implementadas, para que el personal administrativo tenga presente los buenos hábitos de consumo de papel que permita al desarrollo sostenible de la empresa.
5. Capacitar cada tres meses al personal del área de transporte de caña, sobre el cumplimiento de los tiempos que se analizaron en el inciso 2.2.5, con el objeto de proporcionar nuevas ideas que permita un mejor control del sistema de transporte de caña.

BIBLIOGRAFÍA

1. COLINDRES RAMOS, Jaqueline Alejandra. *Autoevaluación de las maestrías en desarrollo municipal y estructuras de la escuela de estudios de postgrado de la facultad de ingeniería, basada en el manual de acreditación ACAP*. Trabajo de graduación de ingeniería industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 176 p.
2. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. *Guía práctica de la oficina verde*. Reino Unido, Gobierno Vasco: IHOBE, S.A., 2002. 97 p.
3. Fundación Empresa. *Guía de buenas prácticas ambientales de oficina*. España: Universidad de Granada, 2006. 16 p.
4. GARCÍA SABATER, José Pedro. *Teoría de colas*. España: Universidad Politécnica de Valencia, 2010. 86 p.
5. HERNÁNDEZ BLANCO, Javier. *Consejos para una oficina ecomprometida*. Comunidad Autónoma Española, Gobierno de Cantabria: Mancomunidad de Municipios Sostenibles, 2010. 36 p.
6. HILLIER, Frederick S. *Introducción a la investigación de operaciones*. 9a ed. México: McGraw.Hill, 2010. 1010 p.

7. RAMOS, Andrés. *Teoría de colas*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2007. 36 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Registro de tiempos para tasa de llegadas en patio de intercambio

Tabla de recopilación de datos para el cálculo de la tasa de llegadas promedio de camiones que ingresan al patio de intercambio.

Fecha de estudio	07:00 a. m.	08:00 a. m.	09:00 a. m.	10:00 a. m.	11:00 a. m.	12:00 p. m.	Núm. unidades	horas/día
15/03/2016	14	17	19	14	18	19	101	6
16/03/2016	15	19	12	14	14	17	91	6
17/03/2016	16	19	14	16	15	14	94	6
18/03/2016	17	15	17	15	19	14	97	6
21/03/2016	13	14	19	17	15	16	94	6
22/03/2016	18	19	17	15	19	14	102	6
23/03/2016	18	14	16	17	17	19	101	6
24/03/2016	19	15	18	17	17	14	100	6
25/03/2016	14	15	18	11	14	15	87	6
28/03/2016	14	14	17	15	18	19	97	6
29/03/2016	18	15	19	14	14	17	97	6
30/03/2016	17	19	14	15	18	14	97	6
31/03/2016	14	14	15	18	14	19	94	6
01/04/2016	14	17	19	14	17	14	95	6
TOTAL							1 347	84

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Registro de tiempos para el cálculo de la tasa de servicio del tándem A**

Fecha: 04/04/2015		Horario: 06:00 a.m. - 12:00 p.m.		
Núm	Hora de atención	Hora de salida	Tiempo de servicio (hh:mm:ss)	Minutos
1	06:13:30	06:22:41	00:09:11	9,18
2	06:22:46	06:34:13	00:11:27	11,45
3	06:34:18	06:46:47	00:12:29	12,48
4	06:46:52	06:56:35	00:09:43	9,72
5	06:56:40	07:06:17	00:09:37	9,62
6	07:06:22	07:18:22	00:12:00	12,00
7	07:18:27	07:30:19	00:11:52	11,87
8	07:30:24	07:42:46	00:12:22	12,37
9	07:42:51	07:51:15	00:08:24	8,40
10	07:51:20	08:03:40	00:12:20	12,33
11	08:03:45	08:15:15	00:11:30	11,50
12	08:15:20	08:24:19	00:08:59	8,98
13	08:24:24	08:36:16	00:11:52	11,87
14	08:36:21	08:47:45	00:11:24	11,40
15	08:47:50	08:56:59	00:09:09	9,15
16	08:57:04	09:07:59	00:10:55	10,92
17	09:08:04	09:20:56	00:12:52	12,87
18	09:21:01	09:31:39	00:10:38	10,63
19	09:31:44	09:43:27	00:11:43	11,72
20	09:43:32	09:53:52	00:10:20	10,33
21	09:53:57	10:04:31	00:10:34	10,57
22	10:04:36	10:13:40	00:09:04	9,07
23	10:13:45	10:24:57	00:11:12	11,20
24	10:25:02	10:36:10	00:11:08	11,13
25	10:36:15	10:49:09	00:12:54	12,90
26	10:49:14	10:57:15	00:08:01	8,02
27	10:57:20	11:06:16	00:08:56	8,93
28	11:06:21	11:16:14	00:09:53	9,88
29	11:16:19	11:26:19	00:10:00	10,00
30	11:26:24	11:35:51	00:09:27	9,45
31	11:35:56	11:46:37	00:10:41	10,68
32	11:46:42	11:58:50	00:12:08	12,13
Promedio			00:10:43	10,71

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Registro de tiempos para el cálculo de la tasa de servicio del tándem B**

Fecha: 05/04/2015		Horario: 06:00 a.m. - 12:00 p.m.		
Núm	Hora de atención	Hora de salida	Tiempo de servicio (hh:mm:ss)	Minutos
1	06:08:36	06:21:41	00:13:05	13,08
2	06:21:46	06:33:07	00:11:21	11,35
3	06:33:12	06:46:56	00:13:44	13,73
4	06:47:01	07:00:39	00:13:38	13,63
5	07:00:44	07:14:32	00:13:48	13,80
6	07:14:37	07:26:12	00:11:35	11,58
7	07:26:17	07:40:02	00:13:45	13,75
8	07:40:07	07:52:48	00:12:41	12,68
9	07:52:53	08:04:31	00:11:38	11,63
10	08:04:36	08:16:32	00:11:56	11,93
11	08:16:37	08:26:39	00:10:02	10,03
12	08:26:44	08:37:25	00:10:41	10,68
13	08:37:30	08:47:34	00:10:04	10,07
14	08:47:39	09:00:23	00:12:44	12,73
15	09:00:28	09:11:15	00:10:47	10,78
16	09:11:20	09:22:47	00:11:27	11,45
17	09:22:52	09:36:52	00:14:00	14,00
18	09:36:57	09:49:00	00:12:03	12,05
19	09:49:05	10:01:25	00:12:20	12,33
20	10:01:30	10:13:21	00:11:51	11,85
21	10:13:26	10:26:09	00:12:43	12,72
22	10:26:14	10:38:20	00:12:06	12,10
23	10:38:25	10:51:37	00:13:12	13,20
24	10:51:42	11:02:11	00:10:29	10,48
25	11:02:16	11:14:39	00:12:23	12,38
26	11:14:44	11:26:51	00:12:07	12,12
27	11:26:56	11:40:39	00:13:43	13,72
28	11:40:44	11:52:58	00:12:14	12,23
29	11:53:03	12:04:07	00:11:04	11,07
30	12:04:12	12:15:30	00:11:18	11,30
31	12:15:35	12:28:52	00:13:17	13,28
32	12:28:57	12:41:15	00:12:18	12,30
Promedio			00:12:11	12,19

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Registro de tiempos para el cálculo de la tasa de servicio del tándem C**

Fecha: 06/04/2015		Horario: 06:00 a.m. - 12:00 p.m.		
Núm	Hora de atención	Hora de salida	Tiempo de servicio (hh:mm:ss)	Minutos
1	06:08:36	06:21:01	00:12:25	12,42
2	06:21:06	06:32:17	00:11:11	11,18
3	06:32:22	06:44:26	00:12:04	12,07
4	06:44:31	06:56:56	00:12:25	12,42
5	06:57:01	07:08:19	00:11:18	11,30
6	07:08:24	07:19:56	00:11:32	11,53
7	07:20:01	07:30:21	00:10:20	10,33
8	07:30:26	07:43:25	00:12:59	12,98
9	07:43:30	07:56:11	00:12:41	12,68
10	07:56:16	08:08:14	00:11:58	11,97
11	08:08:19	08:21:18	00:12:59	12,98
12	08:21:23	08:32:50	00:11:27	11,45
13	08:32:55	08:44:06	00:11:11	11,18
14	08:44:11	08:56:27	00:12:16	12,27
15	08:56:32	09:07:16	00:10:44	10,73
16	09:07:21	09:18:31	00:11:10	11,17
17	09:18:36	09:30:25	00:11:49	11,82
18	09:30:30	09:41:18	00:10:48	10,80
19	09:41:23	09:53:34	00:12:11	12,18
20	09:53:39	10:06:31	00:12:52	12,87
21	10:06:36	10:17:36	00:11:00	11,00
22	10:17:41	10:28:55	00:11:14	11,23
23	10:29:00	10:39:27	00:10:27	10,45
24	10:39:32	10:50:52	00:11:20	11,33
25	10:50:57	11:01:01	00:10:04	10,07
26	11:01:06	11:12:48	00:11:42	11,70
27	11:12:53	11:23:51	00:10:58	10,97
28	11:23:56	11:36:41	00:12:45	12,75
29	11:36:46	11:47:04	00:10:18	10,30
30	11:47:09	11:57:21	00:10:12	10,20
31	11:57:26	12:07:29	00:10:03	10,05
32	12:07:34	12:17:36	00:10:02	10,03
Promedio			00:11:27	11,45

Fuente: elaboración propia.