



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

**MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR
MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL
DE ASISTENCIAS**

María de los Ángeles Palma Robles

Asesorado por el Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE
LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA DE LOS ÁNGELES PALMA ROBLES

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO ARTURO HERNÁNDEZ ARRIAZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

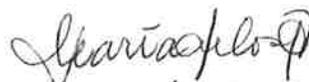
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

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:

MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha octubre del 2009.



María de los Ángeles Palma Robles

Guatemala, 2 de mayo de 2011.

Ingeniero

César Ernesto Urquizú Rodas

Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

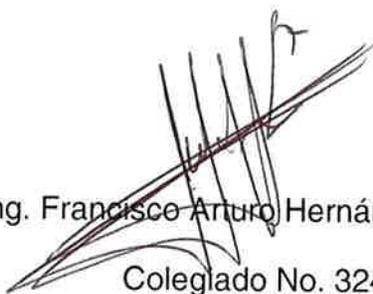
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación titulado: **“MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS”** de la estudiante María de los Ángeles Palma Robles, el cual fue revisado por mí en su totalidad.

A mi juicio, el presente trabajo cumple a cabalidad con los objetivos planteados y con los requisitos exigidos por la Facultad de Ingeniería para optar al grado de Ingeniero Industrial, y por lo tanto extiendo la presente aprobación en mi calidad de asesor de trabajo de graduación.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted como su seguro servidor.


Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza

Colegiado No. 3242

*Ing. Francisco Hernández Arriaza
Colegiado 3,242*

Asesor



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS**, presentado por el estudiante universitario **María de los Ángeles Palma Robles**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Mayra Saadeh Arreaza Martínez
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala enero de 2012.

/mgp



REF.DIR.EMI.059.012

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 **MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS**, presentado por la estudiante universitaria **María de los Ángeles Palma Robles**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2012.

/mgp



DTG. 159.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO AL CLIENTE POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN UNA CENTRAL DE ASISTENCIAS**, presentado por la estudiante universitaria **María de los Ángeles Palma Robles**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 16 de abril de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque todo lo que soy se lo debo a Él.
Mis padres	Mario y Blanca, por su apoyo, esfuerzo y ejemplo de lucha. Por creer en mí, este triunfo es de ustedes.
Mis hermanos	Ingrid, Lucky, Susy y Mario, por su cariño, ejemplo y apoyo en los momentos que más los he necesitado.
Mis sobrinos	Que este triunfo sea un ejemplo que los anime a luchar por alcanzar sus sueños.
Mis abuelitos	Berfilio, Anita, Socorro y Lucas, por ser un ejemplo de amor, unión, trabajo, honradez y principios. Los cuatro celebran conmigo desde el cielo este momento.
Mi familia	Por llenar mi vida de alegría, por estar conmigo incondicionalmente; por sus consejos, ejemplo y cariño.

Mis amigos

Por darle color a mi vida, porque cada uno de ustedes me ha brindado la oportunidad de compartir momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTOS A:

- Quetzal Asistencia, S. A.** Por confiar en mí al darme mi primer trabajo y permitirme realizar este trabajo de graduación en su empresa.
- Ing. Francisco Hernández** Por su paciencia en la asesoría del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Características de la empresa y su servicio	1
1.1.1. Misión.....	2
1.1.2. Visión	3
1.1.3. Estructura organizacional.....	4
1.1.4. Tipos de servicio	4
1.2. Conceptos de teoría de colas o líneas de espera.....	6
1.2.1. Definición	6
1.2.2. Estructura de los modelos de colas	7
1.2.3. Proceso básico.....	7
1.2.4. Fuente de entrada.....	8
1.2.5. Cola.....	9
1.2.6. Disciplina de la cola	9
1.2.7. Mecanismo de servicio.....	10
1.3. Terminología y notación	10
1.4. Distribución exponencial.....	12
1.5. Distribución de Poisson	14
1.6. Redes de colas.....	15

1.6.1.	Propiedad de equivalencia.....	16
2.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SERVICIO ACTUAL.....	19
2.1.	Descripción del proceso de servicio de atención de llamadas	19
2.2.	Diagrama de flujo de proceso para atender una asistencia	23
2.3.	Características de la planta telefónica.....	24
2.4.	Cálculo de saturación por temporada y horario.....	25
2.5.	Cálculo de parámetros por jornada de trabajo	26
2.5.1.	Número de servidores por turno y por estación de trabajo	26
2.5.2.	Mecanismo de servicio (canal de servicio en serie).....	27
2.5.3.	Tasa de entrada de llamadas	29
2.5.4.	Tasa de atención de servicio	30
2.6.	Modelo de cola del sistema.....	31
2.6.1.	Medidas de rendimiento.....	32
2.6.1.1.	Probabilidad de llamadas en el sistema.....	32
2.6.1.2.	Número esperado de llamadas en el sistema	33
2.6.1.3	Longitud esperada de la cola.....	34
2.6.1.4	Tiempo de espera en el sistema	34
2.6.1.5	Tiempo de espera en la cola.....	35
2.7.	Factor de utilización	35
2.8.	Tiempo de abandono de la llamada en espera	35
2.9.	Cálculo experimental del índice de paciencia de los clientes.....	38
3.	SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA PROPUESTO	41
3.1.	Variaciones de rendimiento bajo patrones alternativos de trabajo	41

3.1.1.	Variación del mecanismo de servicio (canal de servicio en serie-sencillo)	41
3.1.2.	Variación del número de servidores	45
3.1.3.	Tasa de entrada de llamadas	46
3.1.4.	Tasa de atención servicio	46
3.1.5.	Medidas de rendimiento resultantes	47
3.1.5.1.	Probabilidad de llamadas en el sistema	47
3.1.5.2.	Número esperado de llamadas en el sistema	49
3.1.5.3.	Longitud esperada de la cola	49
3.1.5.4.	Tiempo de espera en el sistema	49
3.1.5.5.	Tiempo de espera en la cola	50
3.2.	Factor de utilización	50
3.3.	Tiempo de abandono de llamada en espera	50
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MEJORADO	53
4.1.	Análisis de resultados obtenidos	53
4.2.	Comparación del método actual y el propuesto	54
4.2.1.	Variación de número de servidores	54
4.2.2.	Variación en el mecanismo de servicio	55
4.3.	Cambios en el sistema de la planta	56
4.3.1.	Duración de mensajes de respuesta	57
4.3.2.	Protocolo de atención de llamada	58
4.4.	Diagrama del proceso mejorado	60
4.4.1.	Comparación del flujo de proceso actual vrs. propuesto	61
4.5.	Resultados	61

5.	SEGUIMIENTO	63
5.1.	Control de número de operadores por jornada de trabajo / temporada / días pico.....	63
5.1.1.	Creación de sistema para controlar asistencias, horario de entrada y salida, tiempo ocioso, tiempo disponible y rendimiento por operador	64
5.2.	Análisis de capacidad para la incorporación de futuros clientes ...	66
5.2.1.	Requerimiento de recurso humano.....	66
5.2.2.	Requerimiento de planta telefónica	67
5.2.3.	Requerimiento de espacio físico.....	67
5.3.	Establecimiento de estándares de trabajo y cumplimiento de mejora continua.....	68
5.3.1.	Creación de un sistema de incentivos en base a los estándares de trabajo	69
5.3.2.	Creación de un sistema de mejora continúa.....	70
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	APÉNDICES.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama Quetzal Asistencia.....	4
2.	Proceso básico de la cola.....	8
3.	Función densidad exponencial.....	13
4.	Función distribución exponencial.....	14
5.	Distribución de Poisson.....	15
6.	Diagrama de flujo actual.....	23
7.	Mecanismo de servicio actual.....	28
8.	Modelo de variación de mecanismo de servicio eliminando canales de servicio en serie.....	42
9.	Variación en el número de servidores.....	45
10.	Diagrama de proceso propuesto.....	60
11.	Sistema de mejora continua.....	72

TABLAS

I.	Cantidad de operadores por turno.....	26
II.	Llamadas ingresadas últimos tres meses por turno.....	29
III.	Expedientes generados por turno.....	30
IV.	Llamadas respondidas por turno.....	30
V.	Expedientes para seguimiento.....	31
VI.	Llamadas atendidas vrs. llamadas abandonadas.....	38

VII.	Resultados para el modelo actual de colas M/M/s para un estado estable.....	39
VIII.	Medidas de rendimiento modelo de variación en el mecanismo de servicio.....	44
IX.	Medidas de rendimiento variación de número de servidores.....	51
X.	Comparación de las medidas de rendimiento.....	53
XI.	Tasa de abandono resultante.....	62

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
∞	Infinito
λ	Lamda
μ	Mú
ρ	Ro
Σ	Sigma

GLOSARIO

Análisis de supervivencia	Procedimiento estadístico para analizar datos, en los cuales la variable de respuesta mide el tiempo entre dos sucesos.
Call Center	Centro de llamadas donde agentes administran elevados volúmenes de llamadas entrantes y salientes.
Cola	Línea de clientes real o virtual que esperan a ser servidos dentro de un sistema.
Día pico	Día en donde el volumen de operación aumenta hasta su punto máximo de saturación.
DID	<i>Direct inward dialing</i> , también llamado DDI, es un servicio ofrecido por los proveedores de telefonía para usar con los sistemas de centralización telefónica de los clientes, en donde se asigna un rango de números asociados a una o más líneas telefónicas.
Disciplina de la cola	Orden en el que se seleccionan los miembros de una cola para ser servidos.

E1	Formato de transmisión digital equivalente a 2048 kilobits o 256 kilobytes.
Factor de utilización	Fracción esperada de tiempo que un servidor está ocupado.
Línea análoga	Es una línea de comunicación conmutada, diseñada primordialmente para la transmisión de voz, que permite enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez se ha completado la misma. Llamada también RTB.
Línea digital	Conexión telefónica que permite la integración de multitud de servicios en un único acceso, independiente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo que la genere. También conocida como RDS.
Momento de la verdad	El preciso instante en que el cliente se pone en contacto con un servicio y sobre la base de éste contacto se forma una opinión acerca de la calidad del mismo.
Operador	Servidor encargado de atender las asistencias de los clientes.

Outsourcing	Proceso de subcontratación en la cual una empresa destina ciertos recursos a otra empresa externa para que realice una actividad relacionada con su negocio.
Paciencia	Tolerancia o disponibilidad del cliente a esperar.
PEPS	Primero en entrar, primero en salir.
Proceso nacimiento-muerte	Modelo probabilístico que describe las llegadas (nacimientos) y salidas (muertes) de clientes en un sistema de colas.
Tiempo de abandono	Tiempo hasta el cual un cliente espera en una línea antes de desistir en la búsqueda del servicio.

RESUMEN

La empresa Quetzal Asistencia, tiene la necesidad de realizar un estudio de colas para mejorar el servicio al cliente que actualmente brinda a los usuarios de su cabina de emergencias. Para tal efecto se realizó el presente trabajo donde se explica, inicialmente, el tipo de empresa, el giro de negocio en el cual pertenece y las características principales de los servicios que ahí se prestan. Contiene también el marco teórico con los conceptos generales del tema.

El desarrollo de este trabajo abarca el análisis del sistema actual, el cual consiste en un modelo de colas M/M/s, con una disciplina de cola PEPS, y un modelo de atención en canales de servicio en serie; sistema de operación para el cual se determinaron sus medidas de desempeño y se llevó a cabo el cálculo empírico del índice de paciencia de los clientes. Se propone, con base en los resultados obtenidos, un sistema de líneas de espera que mejore la capacidad y los tiempos de atención a los clientes.

Finalmente, se analiza la estrategia de implementación, los cambios sugeridos, el impacto que estos generan en la mejora del rendimiento del sistema de colas y su seguimiento a mediano y largo plazo, que permita no sólo la mejora del servicio actual, sino la incorporación de nuevos clientes y por ende el crecimiento de la empresa.

OBJETIVOS

General

Aplicar los conceptos de la Teoría de Colas para el análisis de la situación operativa actual en una central de asistencia telefónica y proponer mejoras para alcanzar un óptimo desempeño en la gestión de atención al cliente.

Específicos

1. Proporcionar los conceptos fundamentales de la Teoría de Colas e identificar los parámetros necesarios que midan el desempeño de un sistema.
2. Identificar en la empresa el modelo de cola actual y calcular sus medidas de desempeño.
3. Analizar el flujo del proceso actual de atención a clientes e identificar oportunidades de mejora.
4. Calcular empíricamente el índice de paciencia de los clientes que esperan por el servicio.
5. Determinar el modelo adecuado de trabajo acorde a las necesidades operativas por horarios y turnos.

6. Analizar el sistema de trabajo actual, tanto en su capacidad instalada como en sus costos, para evaluar la captación de nuevos clientes usando para ello un análisis del punto de equilibrio y de los recursos materiales necesarios.

7. Establecer estándares de trabajo para proponer un sistema de incentivos y mejora continua en la prestación del servicio al cliente.

INTRODUCCIÓN

Una Central de Asistencias es una cabina especializada en la atención de llamadas de emergencia que provee servicios como: atención a accidentes y/o reclamos de seguro, asistencias técnicas vehiculares, médicas y legales, a nivel nacional e internacional. En este lugar se atienden en promedio 22,000 llamadas mensuales, las cuales son generadas por clientes que constituyen alrededor de 200,000 afiliados a las empresas clientes.

Operativamente funciona como un call center en el cual se reciben llamadas las 24 horas del día, los 365 días del año, y desde donde se generan a su vez llamadas para gestionar los servicios que los clientes requieran. Todos los procedimientos se llevan a cabo por medio del teléfono. La capacidad de atención a clientes en el sistema está sujeta al número servidores que estén disponibles en determinado momento y a la cantidad de llamadas que ingresen a la planta telefónica. Si una llamada ingresa y los servidores están disponibles, es atendida de inmediato; sin embargo si todos están ocupados, la llamada pasa a una cola virtual en donde es demorada hasta que un servidor la atiende.

Una cola virtual presenta aspectos que la diferencian de las colas normales: no se sabe cuántos usuarios están esperando antes y se desconoce exactamente cuánto tiempo se tiene que esperar. Esta incertidumbre afecta a quienes usan servicios como éste, porque inconscientemente les hace menos pacientes y menos dispuestos a esperar. Junto con esto se debe considerar que la motivación para acceder a este servicio es una emergencia; donde cada minuto marcará una diferencia significativa. La tasa de abandono de las

llamadas es un parámetro muy importante dentro del estudio de colas, pero generalmente es muy difícil de estimar.

La operación que el presente trabajo analiza tiene la ventaja de contar con una planta telefónica y un software que permite calcular directamente la tasa de abandono y con este dato calcular también el índice de paciencia de los clientes.

Un servicio de calidad se traduce en responder a las necesidades de los clientes de forma inmediata, oportuna y eficiente. Bastantes personas han tenido que esperar muchas veces para poder obtener o adquirir un servicio y coinciden en opinar que su disponibilidad a esperar está en función de la necesidad que se tenga del servicio requerido y de la visibilidad que se tiene de la cola.

Para garantizar un desempeño óptimo, productivo y de calidad en este tipo de operaciones es indispensable priorizar los tiempos de atención y de respuesta, ya que todos los clientes que requieren del servicio son motivados por una necesidad inmediata que no está sujeta a demoras. Por lo que es muy importante el cálculo de parámetros que permitan hacer eficiente el sistema para que el cliente no tenga que esperar o que la espera en la cola sea la menor posible.

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha tomado como punto de apoyo un estudio de colas que permita mejorar el rendimiento del sistema de operaciones, para poder brindar un mejor servicio a los clientes.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Características de la empresa y su servicio

MAPFRE ASISTENCIA es una multinacional de seguros, reaseguro y servicios, con presencia directa en 40 países unidad dentro del Grupo MAPFRE —siglas que hacen referencia a *Mutualidad de la Agrupación de Propietarios de Fincas Rústicas de España*— especialista en Asistencia y Riesgos Especiales, ofrece soluciones integrales para los clientes según su segmento de actividad: automóvil, hogar, viaje y salud. Actualmente se dedica a atender a más de 1,300 clientes corporativos, 68 millones de asegurados y 136 millones de beneficiarios, diseñando productos y servicios de calidad.

MAPFRE se constituye actualmente como líder en el área de Seguro de No Vida en España y América Latina y se posiciona entre las 10 mayores aseguradoras de Europa con una destacada presencia en Estados Unidos.

Posee presencia comercial en 42 países a través de 250 sociedades, cuenta con más de 34,000 empleados y más de 6,000 oficinas alrededor del mundo.

En 1997, MAPFRE apertura Quetzal Asistencia, empresa que fue creada con la finalidad de prestar en Guatemala servicios a las aseguradoras:

- Asistencia a vehículos
- Asistencia en viaje
- Asistencia domiciliaria

- Mediphone 24
- Riesgos especiales
- Call center

Actualmente, Quetzal Asistencia atiende a más de 300,000 beneficiarios en Guatemala, trabaja con 5 de las aseguradoras más grandes del país y tiene como objetivo primordial el crecimiento comercial basado en la calidad del servicio.

La estrategia comercial de Quetzal Asistencia es brindar servicios como un *outsourcing* a las aseguradoras, banca privada, telefonías y cualquier empresa que desee que sus clientes gocen de beneficios adicionales por la adquisición de un producto o servicio. Por lo tanto se distinguen dos clases de clientes para la compañía: la empresa que contrata directamente a Quetzal Asistencia para prestar los servicios y clientes afiliados a la empresa quienes son los usuarios finales del servicio. Quetzal Asistencia por lo tanto atiende a los clientes en nombre de la empresa que la ha contratado. Todo esto desde las instalaciones del Call Center donde se gestionan los servicios vía telefónica.

Para cumplir esta finalidad cuenta también con una red de proveedores a nivel nacional que incluye: grúas, cerrajeros, abogados, plomeros, electricista, etc.

1.1.1. Misión

“Quetzal Asistencia existe para prestar servicios de asistencia personal y material, auxiliando a sus usuarios en el momento que lo requieren. Consiguiendo a través de sus operaciones, una rentabilidad adecuada para capital de sus accionistas”

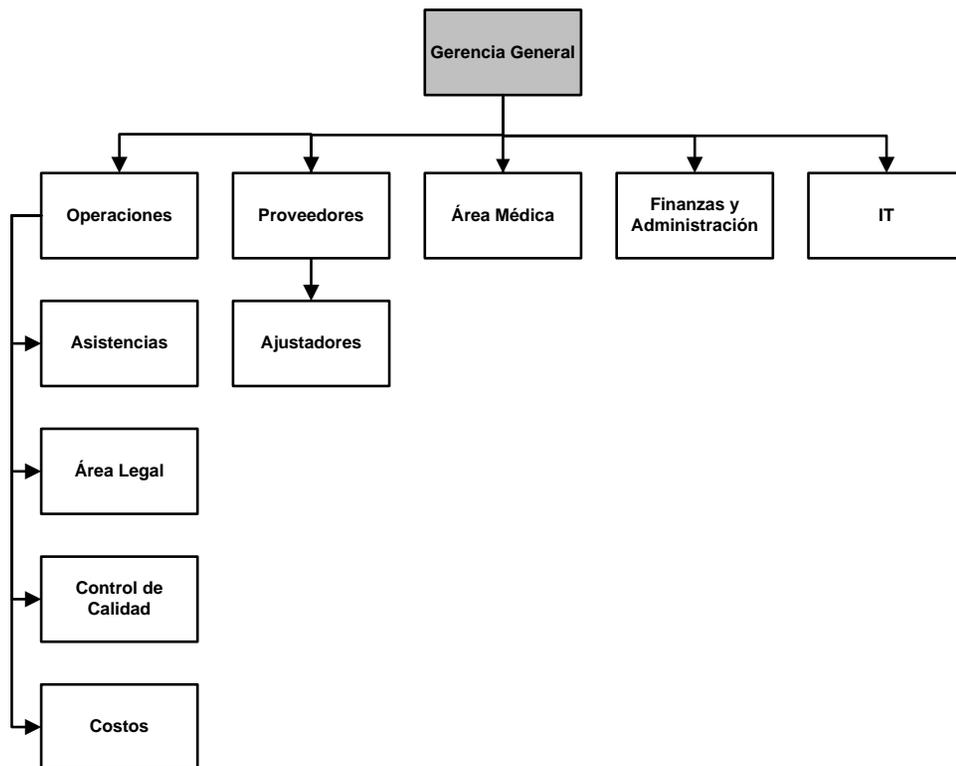
1.1.2. Visión

La visión de la empresa es definida de la siguiente manera: “Buscamos siempre la excelencia en la prestación de nuestros servicios de forma rápida y efectiva. Adaptamos nuestros servicios según la demanda de nuestros clientes. Ampliando constantemente la oferta de servicios, bajo un denominador común, el dominio efectivo de las últimas tecnologías en cada área de actuación”

1.1.3. Estructura organizacional

La organización y ubicación jerárquica de todos los cargos en una empresa es necesaria para una efectiva administración.

Figura 1. Organigrama Quetzal Asistencia



Fuente: elaboración propia.

1.1.4. Tipos de servicio

Los servicios que presta la empresa se basan en un proceso a través del cual un cliente contrata un seguro de vehículo, una tarjeta de crédito o una línea de telefonía celular y obtiene como beneficio adicional un paquete que incluye

varios tipos de asistencias que puede solicitar las 24 horas del día en los 365 días del año, tales como:

- Asistencia a vehículos: se refiere a la atención de emergencias mecánicas de los vehículos afiliados al programa de asistencia. Dentro de las asistencias incluidas están:
 - Remolque
 - Paso de corriente
 - Abastecimiento de combustible
 - Cambio de llanta
 - Cerrajería

- Asistencia en viaje: que incluye asistencia dentro del territorio nacional y en el resto del mundo, tal como: recuperación de equipaje extraviado, asesoría sobre documentos perdidos, repatriación, adelanto de viaje, etc.

- Asistencia domiciliaria: se refiere a la asistencia que se presta en caso de emergencias relacionadas con: plomería, cerrajería, electricidad y vidriería.

- Mediphone 24: también se brinda el servicio de emergencia de consultas médicas y asesorías, envío de ambulancia y asistencia médica a domicilio.

- Riesgos especiales: cuenta también con un departamento especializado en la gestión de ajustes de siniestros in situ.

- Call center: se brinda el servicio de telemarketing para sus clientes y a través de este call center se lleva a cabo también el control de calidad de todos los servicios.

1.2. Conceptos de teoría de colas o líneas de espera

A continuación se presentan diversas definiciones relacionadas con la teoría de colas:

1.2.1. Definición

Los operadores de call centers proveen teleservicios. Al mismo tiempo que ellos hablan por teléfono con los clientes, interactúan con un sistema computarizado ingresando y recibiendo datos relacionados con dichos clientes y sus solicitudes. Los clientes que están virtualmente presentes, se encuentran ya sea siendo servidos o esperando en lo que se llama una línea de espera telefónica, una cola ficticia que comparten, de manera invisible entre ellos, y con los agentes u operadores que los atienden. Los clientes esperan en esta cola hasta que una de estas situaciones ocurren: un agente se desocupa para atenderlos o ellos pierden la paciencia y abandonan la espera.

La teoría de colas fue concebida por A. K. Erlang a principios del siglo XX y ha ganado notoriedad hasta convertirse en uno de los temas centrales de la investigación de operaciones.

En el modelo de colas de una central de asistencia telefónica los clientes son quienes llaman, los servidores son los operadores de asistencia y la cola la representan aquellos clientes que esperan a ser atendidos.

1.2.2. Estructura de los modelos de colas

Los modelos permiten encontrar un balance adecuado entre el costo de servicio y la cantidad de espera.

Los modelos de colas se usan para representar los tipos de sistemas de líneas de espera; es decir aquellos sistemas que involucran colas de algún tipo, que surgen en la práctica.

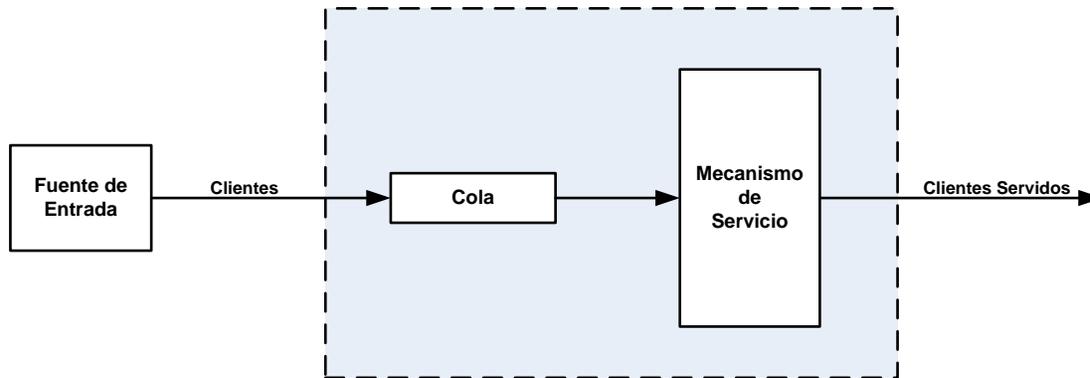
Las fórmulas para cada modelo indican cuál debe ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurrirá en una gama de circunstancias.

Estos modelos de líneas de espera son muy útiles para determinar cómo operar un sistema de colas de la manera más efectiva, ya que proporcionar demasiada capacidad de servicio para operar el sistema implica costos excesivos, pero al no contar con suficiente capacidad de servicio, la espera es excesiva.

1.2.3. Proceso básico

El proceso básico de los modelos de colas es el siguiente: los clientes que requieren un servicio, se generan en el tiempo en una fuente de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona un miembro de la cola, para proporcionarle el servicio, mediante alguna regla conocida como disciplina de la cola. Posteriormente, se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente en un mecanismo de servicio, para que posteriormente el cliente salga del sistema de colas.

Figura 2. **Proceso básico de cola**



Fuente: elaboración propia.

1.2.4. **Fuente de entrada**

Es un conjunto de individuos que pueden llegar a solicitar el servicio. Se puede considerar finita o infinita. El tamaño es el número total de clientes potenciales distintos. La población a partir de la cual surgen las unidades que llegan se conoce como población de entrada. Puede suponerse que el tamaño es infinito o finito, de modo que también la fuente de entrada puede ser ilimitada o limitada.

Los cálculos son mucho más sencillos para el caso infinito; esta suposición se hace a menudo aun cuando el tamaño real sea un número fijo relativamente grande, y deberá tomarse como una suposición implícita en cualquier modelo que no establezca otra cosa. Una suposición finita se realiza si la tasa a la que la fuente de entrada genera clientes nuevos queda afectada en forma significativa por el número de clientes, en el sistema de líneas de espera. Se debe especificar el patrón estadístico mediante el cual se generan los clientes a

través del tiempo. Normalmente, se supone que se generan de acuerdo con un proceso Poisson.

1.2.5. Cola

La cola se refiere al tiempo que los clientes esperan antes de ser servidos. Una cola se caracteriza por el número máximo permisible de clientes que puede admitir. Las colas pueden ser finitas o infinitas, según si este número es finito o infinito. La suposición de una cola infinita es la estándar para la mayoría de los modelos, incluso en situaciones en las que de hecho existe una cota superior sobre el número permitido de clientes, ya que manejar una cota así puede ser un factor complicado para el análisis.

La teoría de colas se aplica a muchos tipos diferentes de situaciones. El tipo que más prevalece es el siguiente: una sola línea de espera -que puede estar vacía- se forma frente a una instalación de servicio, dentro de la cual se encuentra uno o más servidores. Cada cliente generado por una fuente de entrada recibe el servicio de uno de los servidores, quizá después de esperar un poco en la cola.

No es necesario que se forme una línea de espera física delante de una estructura material que constituye la instalación de servicio. Los miembros de la cola pueden estar dispersos en un área mientras esperan que el servidor venga a ellos, como las máquinas esperan reparación.

1.2.6. Disciplina de la cola

La disciplina de la cola se refiere al orden en el que sus miembros se seleccionan para recibir el servicio. Pudiendo ser: primero en entrar, primero en

salir; primero en entrar, último en salir; aleatoria, de acuerdo con algún procedimiento de prioridad o con algún otro orden. La que suponen como normal los modelos de colas es la de primero en entrar, primero en salir -PEPS- a menos que se establezca de otra manera o se trabaje bajo cierta priorización.

1.2.7. Mecanismo de servicio

El mecanismo de servicio consiste en una o más instalaciones de servicio, cada una de ellas con uno o más canales de servicio paralelos, llamados servidores. Si existe más de una instalación de servicio, puede ser que el cliente reciba el servicio de una secuencia de ellas; a esto se le conoce como: canales de servicio en serie o redes de colas.

El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una instalación se llama tiempo de espera o duración del servicio. Un modelo de un sistema de colas determinado debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio para cada servidor; aunque es común suponer la misma distribución para todos los servidores. La distribución que más se utiliza en la práctica es la distribución exponencial.

1.3. Terminología y notación

Se utiliza la siguiente terminología estándar:

Estado del sistema	=	Número de clientes en el sistema
Longitud de la cola	=	Número de clientes que esperan servicio; estado del sistema menos número de clientes a quienes se está sirviendo
$N(t)$	=	Número de clientes en el sistema de colas en

		el tiempo t ($t \geq 0$)
$P_n(t)$	=	Probabilidad de que exactamente n clientes estén en el sistema en el tiempo t , dado el número en el tiempo 0
s	=	Número de servidores (canales de servicio en paralelo) en el sistema de colas.
λ_n	=	Tasa media de llegadas (número esperado de llegadas por unidad de tiempo) de nuevos clientes cuando hay n clientes en el sistema
μ_n	=	Tasa media de servicio para todo el sistema (número esperado de clientes que completan su servicio por unidad de tiempo) cuando hay n clientes en el sistema.
P_n	=	Probabilidad de que haya exactamente n clientes en el sistema.
L	=	número esperado de clientes en el sistema = $\sum_{n=0}^{\infty} nP_n$
L_q	=	Longitud esperada de la cola (excluye clientes que están en servicio)
\mathcal{W}	=	Tiempo de espera en el sistema (incluye tiempo de servicio) para cada cliente
W	=	$E(\mathcal{W})$
\mathcal{W}_q	=	Tiempo de espera en la cola (excluye tiempo de servicio) para cada cliente
W_q	=	$E(\mathcal{W}_q)$

Cuando la tasa media de servicio por servidor ocupado es constante para toda $n \geq 1$, esta constante se denota como μ . De la misma forma cuando λ_n es constante para toda n , esta constante se denota por λ .

En estas circunstancias $1/\lambda$ y $1/\mu$ son los tiempos entre llegadas esperados y los tiempos de servicio esperados, respectivamente. De igual manera, $\rho = \lambda/(s\mu)$ es el factor de utilización para la instalación de servicio, es decir, la fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados, puesto que $\lambda/(s\mu)$ representa la fracción de la capacidad de servicio del sistema ($s\mu$) que utilizan en promedio los clientes que llegan (λ).

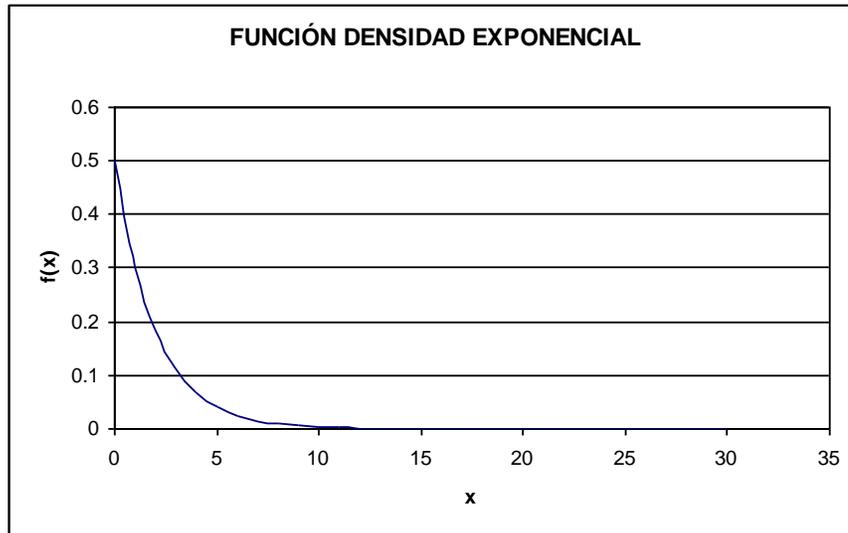
Las características operativas de los sistemas de colas están determinadas en gran parte por dos propiedades estadísticas, a saber, la distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas y la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio.

1.4. Distribución exponencial

La distribución exponencial es una distribución de probabilidad de variable continua, es decir que puede tomar cualesquiera valores existentes dentro de un intervalo dado. Describe procesos en los que: interesa saber el tiempo hasta que ocurre determinado evento, sabiendo que, el tiempo que pueda ocurrir desde cualquier instante dado t , hasta que ello ocurra en un instante $t+1$, no depende del tiempo transcurrido anteriormente, en el que no ha pasado nada.

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & \text{para } x \geq 0 \\ 0 & \text{de otro modo} \end{cases}$$

Figura 3. **Función densidad exponencial**

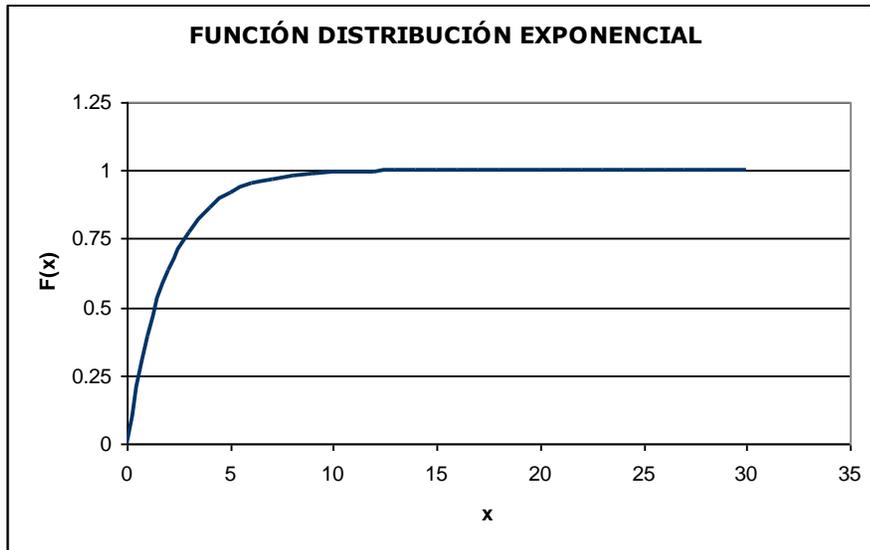


Fuente: elaboración propia.

Su función de distribución es:

$$F(x) = P(X \leq x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{para } x \geq 0 \end{cases}$$

Figura 4. **Función distribución exponencial**



Fuente: elaboración propia.

1.5. **Distribución de Poisson**

Es una distribución de probabilidad discreta que expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media, la probabilidad de que ocurra un determinado número de eventos durante cierto periodo de tiempo.

La función de distribución de Poisson es:

$$f(k; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!},$$

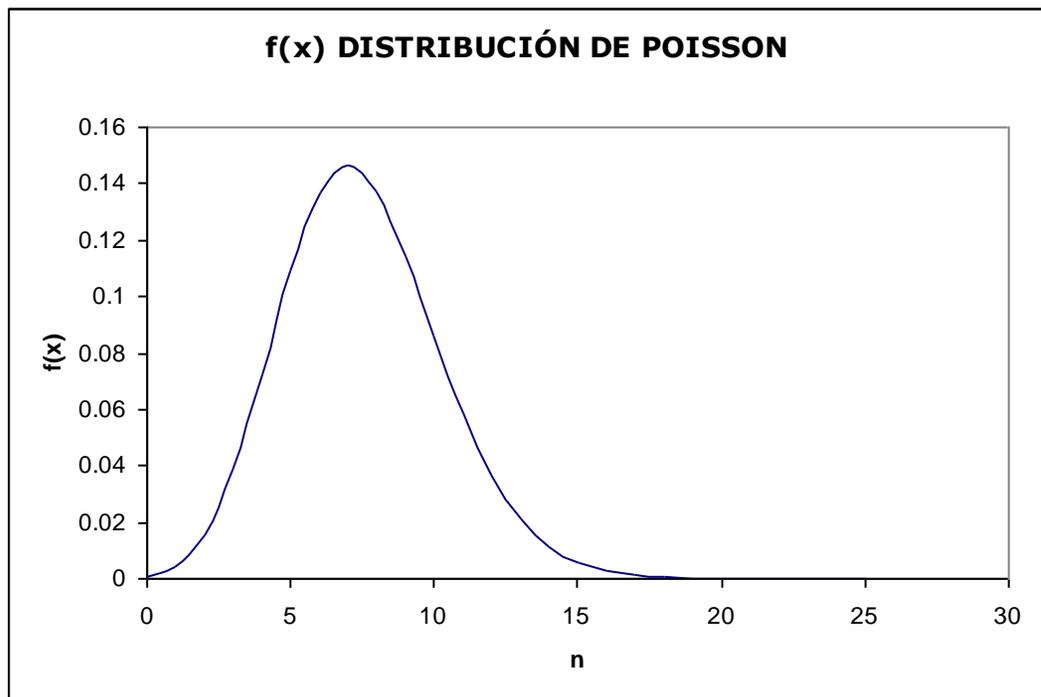
donde:

- k es el número de ocurrencias del evento o fenómeno (la función da la probabilidad de que el evento suceda precisamente k veces).
- λ es un parámetro positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo dado. Por ejemplo, si

el suceso estudiado tiene lugar en promedio 4 veces por minuto y existe el interés en la probabilidad de que ocurra k veces dentro de un intervalo de 10 minutos, se usará un modelo de distribución de Poisson con $\lambda = 10 \times 4 = 40$.

- e es la base de los logaritmos naturales ($e = 2,71828$)

Figura 5. **Distribución de Poisson**



Fuente: elaboración propia.

1.6. Redes de colas

La mayoría de los sistemas de colas tienen *una* instalación de servicio con uno o más servidores, pero los sistemas de colas que se encuentran en los estudios de investigación de operaciones, en realidad a veces son *redes de*

colas, es decir, redes de instalaciones de servicio en las que los clientes solicitan el servicio de algunas o todas ellas.

Es necesario estudiar toda la red para obtener información sobre el tiempo esperado total, número esperado de clientes en todo el sistema, etc.

1.6.1. Propiedad de equivalencia

Esta propiedad supone que una instalación de servicio tiene s servidores, un proceso de entradas de Poisson con parámetro λ y la misma distribución de los tiempos de servicio para cada servidor con parámetro μ (el modelo M/M/s), en donde $s\mu > \lambda$. Entonces, la salida en estado estable de esta instalación de servicio también es un proceso Poisson con parámetro λ .

Esta propiedad no hace suposiciones sobre el tipo de disciplina de la cola que se usa. Ya sea primero en entrar, primero en salir, aleatorio, etc, los clientes dejarán la estación de servicio de acuerdo con un proceso de *Poisson*. La implicación esencial de este hecho para las redes de colas es que si estas unidades tienen que pasar a otra instalación para continuar su servicio, esta segunda instalación también tendrá entradas *Poisson*. Con una distribución exponencial para los tiempos de servicio, la propiedad de equivalencia se cumplirá también para esta instalación que puede proporcionar entradas de Poisson para una tercera instalación, y así sucesivamente.

Si se supone que todos los clientes deben recibir servicio en una serie de m instalaciones, en una secuencia fija y que cada instalación tiene una cola infinita (sin límite en el número de clientes que acepta), de manera que las instalaciones en serie forman un sistema de colas infinitas en serie; además que los clientes llegan a la primera instalación de acuerdo con un proceso de

Poisson con parámetro λ y que cada instalación i tiene la misma distribución exponencial de tiempos de servicio con parámetro μ , para sus s_i servidores, en donde $s_i\mu_i > \lambda$.

Por la propiedad de equivalencia se puede decir que (en condiciones estables) cada instalación de servicio tiene un proceso de entradas de *Poisson* con parámetro λ . Entonces puede usarse el modelo elemental *M/M/s* para analizar cada instalación de servicio en forma independiente de las otras.

Al poder utilizar el modelo *M/M/s* para obtener las medidas de desempeño para cada instalación independiente, en lugar de analizar la interacción entre las instalaciones, se tiene una simplificación enorme. La probabilidad conjunta de tener n clientes en una instalación, es el producto de las probabilidades individuales obtenidas de manera sencilla. Esta forma de solución se llama solución en forma de producto. De manera similar, el tiempo de espera total y el número esperado de clientes en el sistema completo, se pueden obtener con solo sumar las cantidades correspondientes obtenidas para cada instalación.

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SERVICIO ACTUAL

2.1. Descripción del proceso de servicio de atención de llamadas

Cada llamada de emergencia ingresa por cualquiera de los diversos números telefónicos asociados a los diferentes tipos de servicio que se brinda en la empresa. Al ingresar la llamada, el cliente escucha un mensaje donde se le indica que la llamada estará siendo grabada por motivos de control de calidad de 3 segundos de duración; posteriormente se escucha un mensaje de bienvenida personalizado de acuerdo con el número marcado y el servicio asociado a este número. El sistema actual de atención de llamadas cuenta con una secuencia de pasos dentro de un proceso dividido en 3 estaciones de trabajo, donde en cada fase el cliente espera por el servicio que desea obtener:

- **Front:** es la primera estación de servicio donde son recibidas todas las llamadas entrantes a la empresa. Si hay algún operador disponible para atender las llamadas, la planta telefónica transfiere la llamada del cliente hacia dicho operador, para ser servido inmediatamente.

Inicialmente, los clientes escuchan un mensaje corto de 11 segundos donde se les informa que la llamada será grabada por motivos de calidad y se le da la bienvenida al servicio. La planta continúa las asignaciones a cada servidor restante de acuerdo con las llamadas que ingresen. Cuando todos los servidores están ocupados, traslada las siguientes llamadas a una cola virtual y de inmediato se escucha un mensaje previamente grabado, de 9 segundos de duración, donde se le informa al

cliente que la llamada será atendida en cuanto un operador esté disponible.

Los clientes que ingresan en la cola virtual son servidos de acuerdo con una disciplina de cola: primero en entrar, primero en salir (PEPS); y son clasificados en relación con el tiempo que llevan en espera. Mientras esperan reciben un mensaje cada 18 segundos, con intervalos de música e información de los servicios.

Cuando la llamada es asignada a un operador, este genera un expediente en el sistema por cada servicio que solicite el cliente. En este expediente se anotan los datos identificativos del cliente: tipo de servicio contratado, número de identificación o póliza, nombre del cliente, número de teléfono, ubicación o dirección para prestar el servicio, tipo de servicio que requiere, hora de registro de la llamada y cualquier otro dato relevante para la correcta prestación del servicio. Al terminar de obtener los datos e información del cliente, se termina la llamada.

En esta estación de trabajo también se reciben otros tipos de llamadas como: administrativas, de proveedores, de información, relacionadas con el personal, etc. Estas llamadas representan el 46% del total que ingresan y solamente el 54% corresponden a solicitudes de servicios.

- Coordinación de asistencia: los expedientes generados en el sistema en la estación Front, son visibles automáticamente por la siguiente estación: coordinación. Aquí son abiertos los expedientes, verificada la información y el tipo de servicio que se brindará, se realiza vía telefónica la gestión con el proveedor del servicio solicitado por el cliente y se programa el servicio anotando en la bitácora del expediente el nombre del proveedor

y el estimado de tiempo para la prestación del servicio, de manera que cualquier operador no familiarizado con el caso pueda fácilmente leerlo y responder cualquier inquietud que se tenga sobre el mismo.

Al igual que en la estación anterior, si todos los operadores están disponibles, la atención a los expedientes se hace de inmediato; si todos los operadores de esta estación están ocupados, los expedientes entran en una cola virtual en el sistema para esperar a ser atendidos, por el primer operador que quede libre.

- Seguimiento: en esta estación de trabajo, después de ser coordinado el servicio, se notifica al cliente por medio de una llamada, con qué proveedor fue programado su servicio y el tiempo estimado que demorará en llegar hacia él. También se atiende cualquier llamada posterior que realice el cliente relacionada con la prestación de este mismo servicio. Estas llamadas son recibidas en el Front y al ser identificadas como llamadas relacionadas con un caso ya coordinado, son trasladadas directamente a la estación de seguimiento.

Al ser finalizado el servicio se registra la hora y la conclusión del caso. El proceso de servicio se completa con el cierre de cada expediente mediante un control de calidad post servicio, donde se evalúan aspectos de atención y del servicio en general brindado en las estaciones que tienen contacto directo con el cliente – front y seguimiento-, y del proveedor que directamente atendió la necesidad del cliente.

Dentro de los aspectos que se toman en consideración para la evaluación de un buen servicio están:

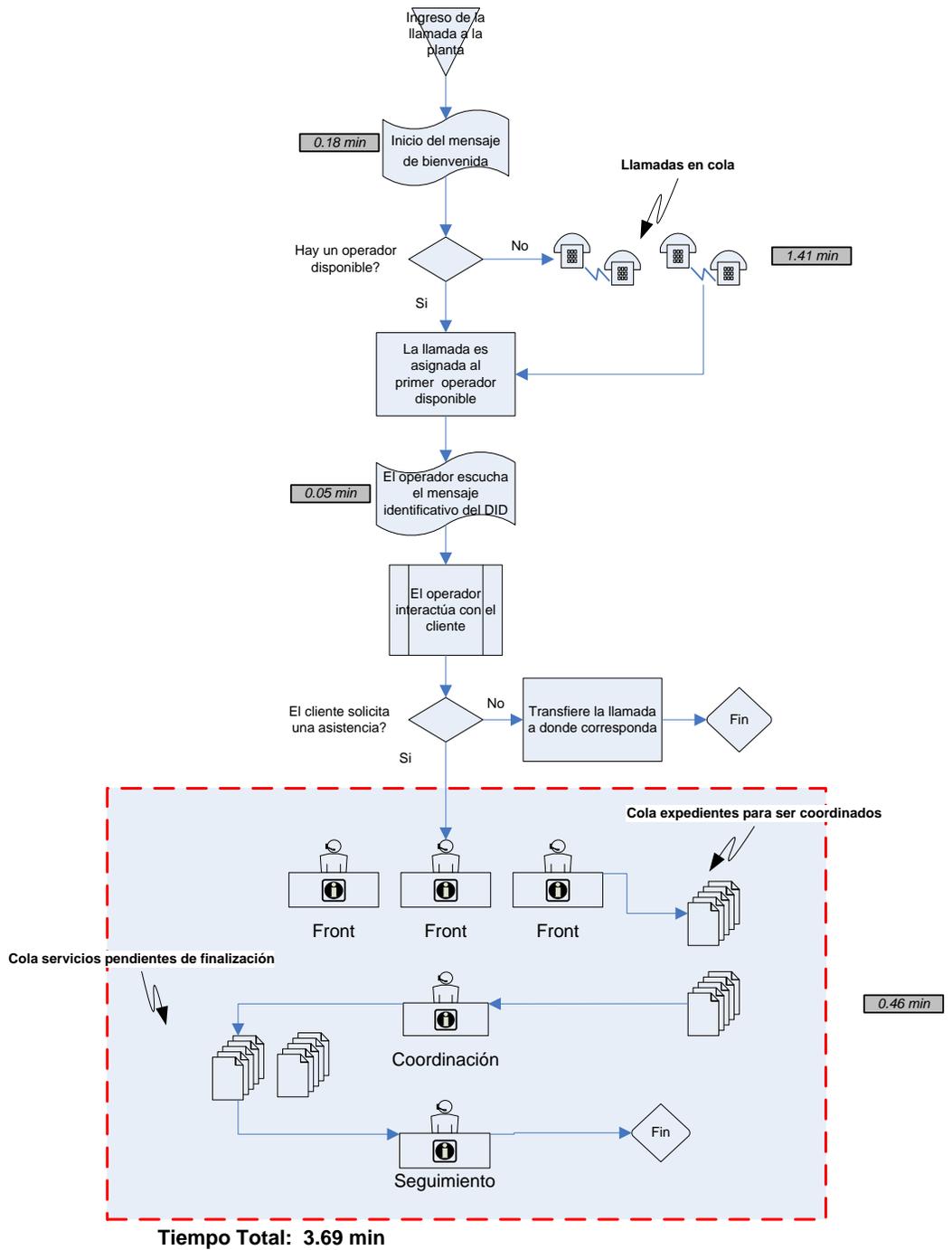
- Tiempo de espera antes de ser atendida la llamada
- Tiempo de duración en la toma de datos
- Atención del operador y atención del proveedor
- Tiempo transcurrido para recibir el servicio

2.2. Diagrama de flujo de proceso para atender una asistencia

Como se describió al ingresar una llamada, el cliente escucha un mensaje donde se le indica que estará siendo grabada la conversación; posteriormente se escucha un mensaje de bienvenida personalizado. El sistema actual de atención de llamadas cuenta con una secuencia de pasos dentro de un proceso dividido en 3 estaciones de trabajo, donde en cada fase el cliente espera por el servicio que desea obtener.

A continuación se presenta el diagrama que representa el proceso completo de atención de una llamada.

Figura 6. Diagrama de flujo actual



Fuente: elaboración propia.

2.3. Características de la planta telefónica

El funcionamiento de una central de llamadas contempla necesariamente la utilización de una planta telefónica, con el objetivo de administrar el volumen de llamadas que ingresan.

La planta funciona por medio de un enlace E1, que está compuesto por 32 módulos, cada uno con capacidad para 8 tarjetas, que pueden ser de líneas digitales o análogas. Para las líneas digitales, cada tarjeta tiene capacidad para 100 líneas telefónicas y 12 agentes conectados.

A cada empresa que contrata los servicios, se le asigna un número telefónico para que los usuarios finales de cada servicio llamen a través de él. La planta tiene actualmente capacidad de una tarjeta, que puede ampliarse tanto como sea necesario. Cada línea o DID esta personalizado por cliente en los siguientes aspectos:

- Mensaje de bienvenida: cada cliente recibe un mensaje de voz de bienvenida pregrabado y personalizado por empresa y por servicio.
- Aviso al operador: cuando la planta asigna una llamada para ser atendida por un operador, este recibe un breve mensaje que le indica a qué servicio o empresa pertenece la llamada.
- Mensajes en espera: son los que el cliente escuchará con intervalos de tiempo, cuando su llamada se encuentre esperando por ser atendida.

La planta además cuenta con una grabadora en formato DVD del 100% de las llamadas entrantes y salientes; información que sirve para el control de calidad de todos los servicios.

Todos los aparatos telefónicos enlazados a la planta cuentan con un sistema que permite que cada operador pueda conectarse al servicio por medio de una clave personal y active su unidad de trabajo para que la planta lo tome como disponible en la asignación de llamadas. Todos los operadores al iniciar el turno deberán conectarse al sistema y desconectarse únicamente al finalizar su turno. Además, cada teléfono tiene capacidad para 2 llamadas entrantes y 1 saliente.

La planta detecta que un operador no está disponible u ocupado cuando tiene al menos una llamada asignada a su teléfono, sea entrante o saliente; o cuando a solicitud del operador se coloca en estado "ocupado". El estado ocupado puede darse solo bajo dos circunstancias: por tiempo de asignaciones personales o por algún trabajo específico que esté realizando, avalado por su supervisor.

2.4. Cálculo de saturación por temporada y horario

Los servicios que se prestan en la central de asistencia son primordialmente emergencias asociadas con seguros o reaseguros y se ha observado que la mayoría de los servicios requeridos por los clientes son asistencias a vehículos, principalmente: accidentes y fallas mecánicas. Derivado de esto también se ha observado que las temporadas y horarios con mayor número de llamadas son aquellos donde el flujo vehicular aumenta y donde alguna variación del entorno afecte el tránsito (clima, reparación o construcción de calles, manifestaciones, obstrucciones de cualquier tipo).

Los datos proporcionados por la planta durante tres meses consecutivos muestran que los días más saturados de llamadas son:

Turno matutino	Lunes	889 llamadas
Turno vespertino	Viernes	621 llamadas
Turno nocturno	Sábado	121 llamadas

Las temporadas marcadas como altas, son aquellas donde hay más incidencia de tráfico: Semana Santa y fin de año.

2.5. Cálculo de parámetros por jornada de trabajo

Para el cálculo de los parámetros necesarios se tomo como base la observación de las entradas de llamadas durante 3 meses consecutivos, dividiéndose los muestreos en los 3 diferentes turnos.

2.5.1. Número de servidores por turno y por estación de trabajo

El esquema de trabajo por turno es el siguiente:

Tabla I. **Cantidad de operadores por turno**

<i>Operadores / Turno</i>	AM	PM
Front	3	2
Coordinación de Asistencia	1	1
Seguimiento	1	1
TOTAL	5	4

Fuente: elaboración propia.

Cada turno tiene una duración de 8 horas. El turno matutino inicia a las 07:00 y concluye a las 15:00 hrs. El turno vespertino inicia a las 15:00 y termina a las 23:00.

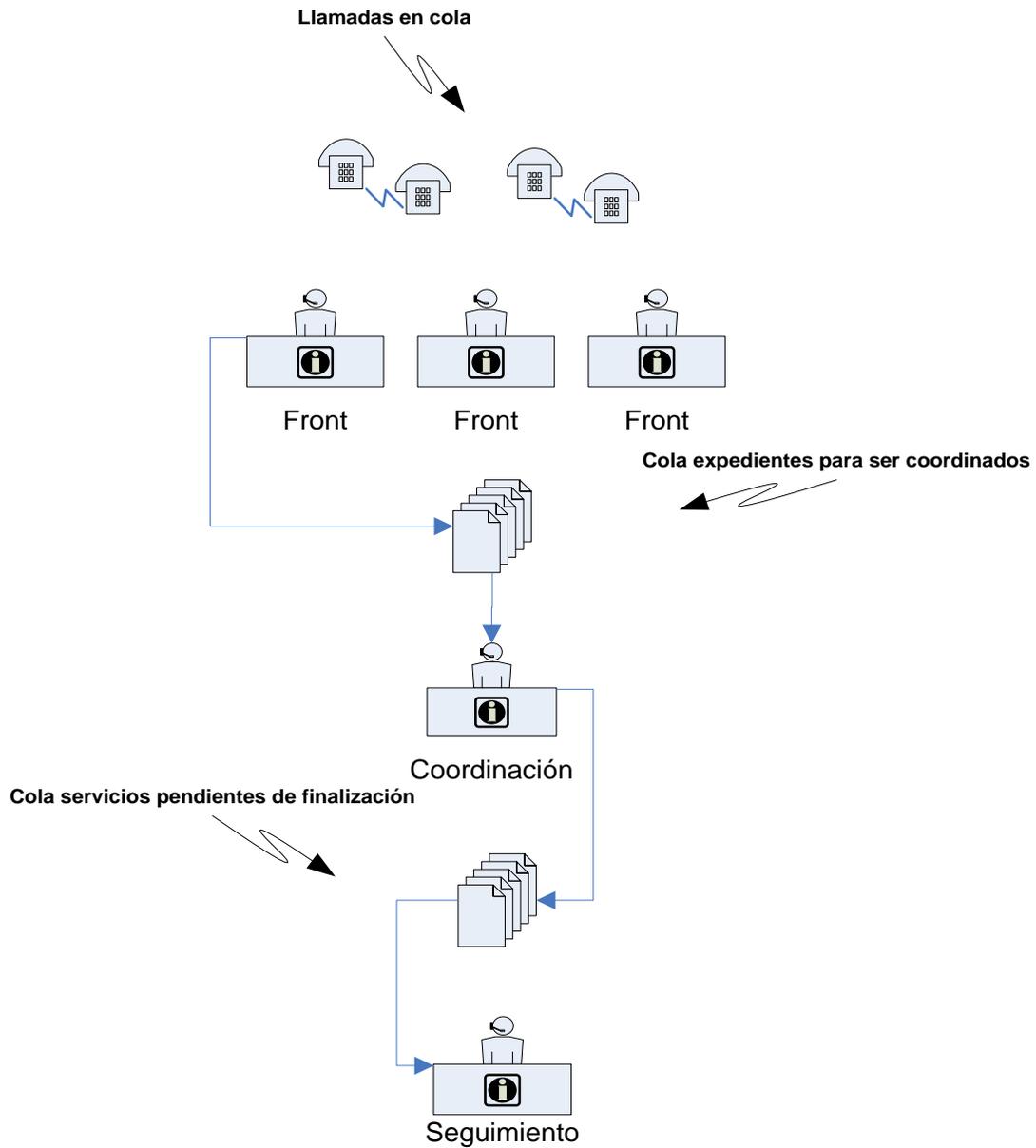
Para el turno nocturno se tiene asignado únicamente un operador, el cual se encarga de realizar las tareas de las tres estaciones, siguiendo el flujo de proceso normal establecido. Esto se debe a la baja tasa de ingreso de llamadas en este turno (23:00 – 07:00).

2.5.2. Mecanismo de servicio (canales de servicio en serie)

El proceso que se utiliza actualmente consiste en una serie de estaciones de servicio y se considera para el análisis como un canal de servicio en serie, donde se calculará para cada estación los parámetros necesarios y utilizando la propiedad de equivalencia, se analizará el sistema completo para obtener sus parámetros.

A continuación se presenta un esquema con el mecanismo de servicio actual.

Figura 7. **Mecanismo de servicio actual**



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Tasa de entrada de llamadas

Es la velocidad con la cual ingresan las llamadas por unidad de tiempo. Para el cálculo de esta tasa de llegada, λ , se registraron las llamadas entrantes durante 3 meses en cada turno; teniendo estos datos se saca un promedio por día para obtener un dato representativo; la siguiente tabla resume el promedio de llamadas entrantes por mes y turno:

Tabla II. **Llamadas ingresadas durante tres meses por turno**

<i>Mes / Turno</i>	AM	PM	Nocturno
Mes 1	889	536	121
Mes 2	657	621	90
Mes 3	615	505	74
λ (día) =	720	554	95
λ (hora) =	90.0	69.3	11.9

Fuente: elaboración propia.

λ_1 representa la tasa de llamadas que ingresa por turno y por hora. Estas llamadas son atendidas en el Front, la primera estación de servicio.

La tasa de llegada a las siguientes estaciones de trabajo, λ_2 y λ_3 , se calcula utilizando el número de llamadas que se convierten en expedientes de servicio y generan una asistencia por turno.

Tabla III. **Expedientes generados por turno**

<i>Mes / Turno</i>	AM	PM	Nocturno
λ expedientes generados/día	224	180	15
λ expedientes generados/hora	28	23	2
% sobre llamadas entrantes	65%	63%	49%

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Tasa de atención de servicio

Es la tasa en la que son atendidas las llamadas por unidad de tiempo, en cada estación de trabajo.

Tabla IV. **Llamadas respondidas por turno**

<i>Llamadas/Turno</i>	AM	PM	Nocturno
Llamadas respondidas	345	286	31
Llamadas respondidas por hora	43	36	4
Llamadas atendidas por operador	14	18	4

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la tasa de atención en las siguientes dos estaciones se tomó como base el promedio de duración de cada llamada, generada para la coordinación del servicio solicitado, y se tomó en cuenta que por cada expediente generado se realiza en promedio una llamada por estación.

Tabla V. Expedientes para seguimiento

<i>Expedientes/Turno</i>	AM	PM	Nocturno	COORDINACION Y SEGUIMIENTO
Expedientes generados	224	180	15	
Duración prom de llamada min.	3.8	3.5	3.9	
Llamadas / hora μ	16	18	16	

Fuente: elaboración propia.

2.6. Modelo de cola del sistema

Utilizando la propiedad de equivalencia se tiene que la tasa promedio de llegada al sistema es:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 90 + 28 + 28 = 146$$

Turno matutino

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 70 + 23 + 23 = 116$$

Turno vespertino

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 12 + 2 + 2 = 16$$

Turno nocturno

llamadas / hora

La tasa promedio de servicio quedaría:

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 43 + 16 + 16 = 75$$

Turno matutino

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 36 + 18 + 18 = 72$$

Turno vespertino

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 4 + 16 + 16 = 36$$

Turno nocturno

llamadas / hora

De lo anterior se define el sistema de colas como: (M/M/s)

Donde:

M = tasa de llegadas con tiempos independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución exponencial, proceso de entradas de Poisson.

M = todos los tiempos de servicio son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo con otra distribución exponencial.

s = número de servidores (cualquier entero positivo)

Este modelo es solo un caso especial del proceso de nacimiento y muerte, cuando la tasa media de llegadas λ y la tasa media de servicio por servidor ocupado son constantes e independientes del estado del sistema.

La disciplina de la cola no cambia dentro del proceso y se mantiene en primero en entrar, primero en salir (PEPS); un número permitido de clientes en sistema igual a infinito y una población infinita.

2.6.1. Medidas de rendimiento

Como medidas de rendimiento se calcularon:

2.6.1.1. Probabilidad de llamadas en el sistema

Fórmula:

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

Sustituyendo:

AM	$\lambda = 146$	$\mu = 75$	$s = 5$
PM	$\lambda = 116$	$\mu = 72$	$s = 4$
NOCTURNO	$\lambda = 16$	$\mu = 36$	$s = 1$

Da como resultado:

	<i>P₀</i>
AM	14.18%
PM	19.69%
NOCTURNO	55.56%

Probabilidad de que el sistema esté vacío.

Probabilidad de que una llamada que llega tenga que esperar:

	<i>P₁</i>
AM	8.48%
PM	13.72%
NOCTURNO	44.40%

2.6.1.2. Número esperado de llamadas en el sistema

Esto es el número esperado de llamadas que estarán en el sistema e incluye llamadas esperadas en cola y las que están recibiendo el servicio.

Fórmula:

$$L_s = L_q + \lambda / \mu$$

Sustituyendo:

$L_s = 3.44 + (146/75) = 5.38$	turno matutino
$L_s = 6.23 + (116/72) = 7.84$	turno vespertino
$L_s = 0.35 + (16/36) = 0.8$	turno nocturno

2.6.1.3. Longitud esperada de la cola

L_q que es la longitud esperada de la cola, sin incluir los clientes que se encuentren en servicio, se calcula:

Fórmula:

$$L_q = \frac{\rho (\lambda / \mu)^s}{s!(1-\rho)}$$

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

$$\rho_{AM} = 146 / (75 * 5) = 0.3893$$

$$\rho_{PM} = 116 / (72 * 4) = 0.4027$$

$$\rho_{Nocturno} = 16 / (36 * 1) = 0.4444$$

Sustituyendo:

$$L_q = 3.44, \quad \text{turno matutino}$$

$$L_q = 6.23, \quad \text{turno vespertino}$$

$$L_q = 0.35, \quad \text{turno nocturno}$$

2.6.1.4. Tiempo de espera en el sistema

Es el tiempo total que tarda un servicio generado en ser atendido y abandonar el sistema.

Fórmula:

$$W = W_q + 1/\mu ; \text{ donde } W_q = \text{ tiempo promedio de espera en la cola}$$

	<i>W</i>	<i>Minutos</i>
<i>AM</i>	0.037	2.21
<i>PM</i>	0.068	4.06
<i>NOCTURNO</i>	0.050	2.98

2.6.1.5. Tiempo de espera en cola

Es el tiempo que se espera para ser atendido, no incluye el tiempo de servicio.

Fórmula:

$$W_q = L_q / \lambda$$

	<i>Wq</i>	<i>Minutos</i>
<i>AM</i>	0.024	1.41
<i>PM</i>	0.054	3.22
<i>NOCTURNO</i>	0.022	1.31

2.7. Factor de utilización

Es la fracción esperada de tiempo que los servidores individuales están ocupados, $\rho = \lambda / \mu s$, Representa la fracción de la capacidad de servicio del sistema (μs) que utilizan en promedio los clientes que llegan (λ).

Cálculo:

$$\begin{aligned}\rho_{AM} &= 146 / (75*5) = 0.3893 \\ \rho_{PM} &= 116 / (72*4) = 0.4027 \\ \rho_{Nocturno} &= 16 / (36*1) = 0.4444\end{aligned}$$

2.8. Tiempo de abandono de la llamada en espera

La paciencia de un cliente para esperar en una cola depende fundamentalmente de las expectativas que este tenga del sistema. Estas expectativas se forman a través de las experiencias acumuladas y son afectadas por factores subjetivos, tales como la percepción del tiempo y la importancia del servicio por el cual espera. Por ejemplo un cliente que planea esperar pocos minutos por recibir un servicio, tendrá un comportamiento

diferente, en términos de abandonar la cola, a un cliente que de antemano sabe que tendrá que esperar por varios minutos o inclusive horas.

Las expectativas de un cliente estarán influenciadas por experiencias pasadas, ya sea de esperas largas o cortas, por el perfil del cliente y por las características de su entorno, siendo también importante considerar la visibilidad que el cliente tiene de la cola y de su mecanismo de servicio.

Una cola telefónica es invisible en el sentido que los clientes que esperan no cuentan con información de cuánto tiempo deberán esperar para obtener el servicio ni cuántos clientes hay en la cola antes que ellos. Aunque la paciencia de un cliente a la espera en el teléfono es importante, esta no ha sido estudiada de manera extensa. En la búsqueda de un mejor entendimiento de la voluntad de un cliente a esperar, se han desarrollado varios estudios en los últimos años que han permitido tener una visión más clara sobre cómo influye la paciencia en la formación de colas.

En 1953, por primera vez se describió la impaciencia de un cliente en términos de una tasa de riesgo. Se postuló que la tasa de riesgo de la disponibilidad que tiene un cliente a esperar, es proporcional a la irritación que experimente mientras lleva a cabo la espera.

El abandono y el tiempo de espera en una cola están profundamente relacionados. Por definición, todos los clientes que abandonan una llamada o una cola virtual, han debido pasar algún tiempo esperando. Sin embargo, los tiempos y frecuencias con los que un cliente abandona una cola no son medidos.

Es importante establecer los diferentes enfoques de análisis para el estudio del tiempo de espera y paciencia en un cliente. Convencionalmente, se han establecido tres enfoques:

- Tiempo de cola vrs. tiempo de espera: el tiempo de espera no considera cuando el sistema está vacío y el cliente es atendido de inmediato. Esta medida es importante debido a que se debe comparar contra los clientes que sí esperaron y fueron atendidos.
- Tiempo de espera en clientes que fueron atendidos vrs. tiempo de espera en clientes que abandonaron la llamada: se incluye el tiempo de espera para clientes no atendidos.
- Tiempo que el cliente necesita esperar antes de ser atendido vrs. tiempo que el cliente está dispuesto a esperar a ser atendido antes de abandonar la cola: el primero se refiere al tiempo teórico que el cliente tiene que esperar con base en el rendimiento del sistema y considerando que cuenta con paciencia infinita. El segundo se refiere a la paciencia real.

Tanto el tiempo de abandono como los tiempos de servicio son medibles a través de los softwares incorporados a la planta telefónica, sin embargo el tiempo que un cliente está dispuesto a esperar no es directamente observable y requiere ser estimado.

Para poder llevar a cabo dicha estimación se puede aplicar la técnica del análisis de supervivencia, el cual ayudará a modelar las ocurrencias de los abandonos de llamadas en el tiempo.

$$IP = \{R, V\}$$

Se denota R a la paciencia o tiempo que el cliente está dispuesto a esperar por el servicio y V el tiempo teórico que tendría que esperar en un estado estable. El índice de paciencia de un cliente estaría dado por la razón entre la media de R y la media de V, donde:

$$IP = \text{Índice de paciencia empírico} = mR / mV = P(V < R) / P(R < V)$$

R= promedio de llamadas atendidas

V=promedio de llamadas abandonadas

2.9. Cálculo experimental del índice de paciencia de los clientes

Se calcula el índice utilizando los siguientes datos:

Tabla VI. **Llamadas atendidas vrs. llamadas abandonadas**

	ATENDIDAS	ABANDONADAS	%
AM	345	30	9%
PM	286	24	8%
NOCTURNO	31	4	13%

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo en la fórmula, para cada turno:

Índice de paciencia = $345 / 30 = 11.5$, turno matutino

Índice de paciencia = $286 / 24 = 11.91$, turno vespertino

Índice de paciencia = $31 / 4 = 7.75$, turno nocturno

Se encuentra que el índice de paciencia por turno (y por horario) es mayor por la tarde; esto significa que los clientes que requieren el servicio durante el horario de 15:00 a 23:00 horas; son los más pacientes y dispuestos a esperar por la obtención del servicio, seguido por el turno matutino de 07:00 a 15:00 horas. El turno nocturno presenta el índice más bajo, lo cual indica que los clientes que llaman en este horario no están dispuestos a esperar por el servicio; esto probablemente se relacione directamente con el horario puesto que no es lo mismo esperar por una emergencia a las 4 p.m. que a las 2 a.m.

Tabla VII. **Resultados para el modelo actual de colas M/M/s para un estado estable**

	AM	PM	NOCTURNO
s	5	4	1
λ	146	116	16
μ	75	72	36
ρ	0.3893	0.4027	0.4444
Po	14.18%	19.69%	55.56%
P1	8.48%	13.72%	44.4%
Lq	3.44	6.23	0.35
Ls	5.38	7.84	0.8
Wq	1.41	3.22	1.31
Ws	2.21	4.06	2.98
IP	11.5	11.91	7.75

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados son basados en los promedios calculados de las tasas de llegadas y de servicios; sin embargo en los horarios de saturación pueden llegar a perderse hasta 198 llamadas en el turno matutino, 125 en el turno vespertino y 36 en el nocturno. Lo cual se ve drásticamente reflejado en el nivel de servicio, el cual cae hasta un 85% de eficiencia.

3. SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA PROPUESTO

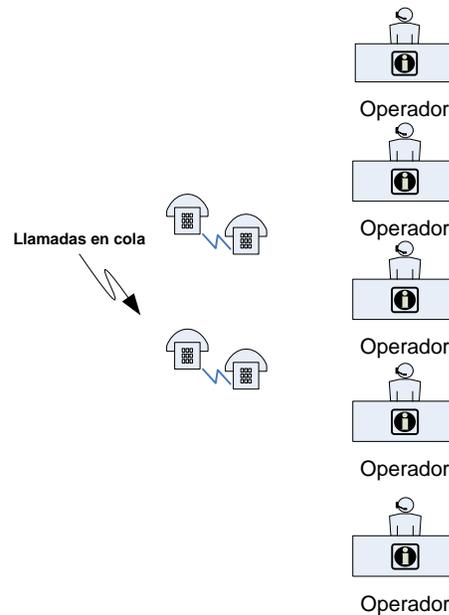
3.1. Variación de rendimiento bajo patrones alternativos de trabajo

Es recomendable para el estudio de líneas de espera que se evalúe el sistema alternando opciones de diseño que permitan mejorar las medidas de rendimiento y mejorar la eficiencia del proceso. A continuación se presentan varias alternativas, para que con las características del servicio se encuentre un modelo que proponer. Dentro de estas alternativas se sigue considerando que el sistema es estable, que la disciplina de la cola no cambia (PEPS) y se mantiene el modelo M/M/s.

3.1.1. Variación del mecanismo de servicio (canal de servicio en serie a sencillo)

El modelo propuesto contempla modificar el proceso, cambiando las estaciones consecutivas de servicio por una operación centralizada en el operador, de manera que quien reciba la llamada genere el expediente, coordine el servicio y le dé seguimiento hasta su finalización; con lo que se busca suprimir el tiempo de espera de los expedientes entre estaciones de trabajo. Esto aplicaría para el turno matutino y vespertino. El turno nocturno como ya se vio, se encuentra trabajando bajo este mecanismo de servicio.

Figura 8. **Modelo de variación de mecanismo de servicio eliminando los canales de servicio en serie**



Fuente: elaboración propia.

Cada llamada que ingrese es asignada a un operador disponible, el cual gestiona el proceso completo del servicio requerido por el cliente.

Para este caso la tasa de llegada λ es la misma ya que depende únicamente de la fuente de llegada y esta sigue siendo la misma, considerando una sola estación de trabajo:

	AM	PM
λ (llamadas /hora) =	90	70

La tasa de servicio variaría; se calcula utilizando el promedio de la duración del servicio desde que la llamada es atendida hasta que el servicio fue confirmado al cliente:

	<i>Min</i>	<i>μ por operador</i>	<i># servidores actuales</i>
AM	4.0	15	75
PM	5.0	12	48

Para el caso del turno matutino, el tiempo de duración del servicio por operador es de 4 minutos, equivalentes a 15 llamadas atendidas por hora y combinados con los 5 operadores asignados al turno, da una tasa de servicio de 75 llamadas por hora.

En el turno vespertino el tiempo de duración del servicio por operador es de 5 minutos, equivalentes a 12 llamadas atendidas por hora y combinados con los 4 operadores asignados al turno, da una tasa de servicio de 48 llamadas por hora.

Se calculará ahora el nuevo factor de utilización:

$$\rho_{AM} = 90 / (75 * 5) = 0.24$$

$$\rho_{PM} = 70 / (48 * 4) = 0.36$$

Lo cual refleja una disminución en la fracción esperada de tiempo que los operadores individuales están ocupados, y por lo tanto también disminuye el tiempo de espera en la cola.

Resultados para el modelo propuesto de colas M/M/s para un estado estable, con modificación en el mecanismo de servicio:

Tabla VIII. **Medidas de rendimiento modelo variación en el mecanismo de servicio**

	AM	PM	NOCTURNO
s	5	4	1
λ	90	70	16
μ	75	48	36
ρ	0.2400	0.3600	0.4444
Po	30.14%	23.12%	55.56%
P1	6.20%	4.36%	44.40%
Lq	0.15	3.82	0.35
Ls	5.38	7.84	0.8
Wq	0.002	0.055	1.31
Ws	0.015	0.075	2.98

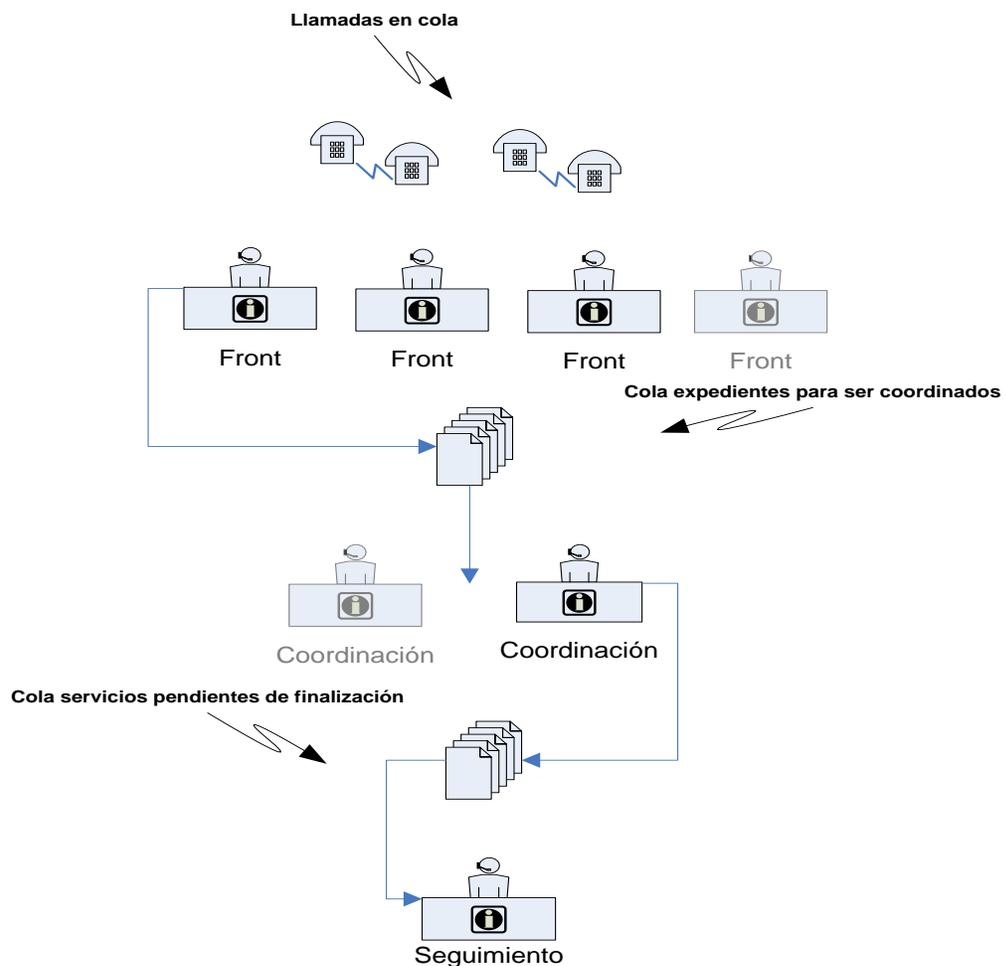
Fuente: elaboración propia.

El beneficio obtenido modificando el mecanismo de servicio consistiría en disminuir el tiempo de espera de los clientes y aumentar la capacidad de atención de los operadores, lo cual puede servir para la introducción de nuevos proyectos de servicio, (véase capítulo 5).

3.1.2. Variación del número de servidores

Al variar el número de servidores, se busca bajo el mismo mecanismo de servicio, aumentar la capacidad de atención de las llamadas y conseguir con esto minimizar el tiempo de espera de los clientes. Se propone en este modelo agregar un servidor más en las estaciones Front y Coordinación, lo que mantendría el balance del sistema, evitando cuellos de botella.

Figura 9. Variación en el número de servidores



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Tasa de entrada de llamadas

Como en el caso anterior la tasa de llegada de las llamadas no sufre ningún cambio ya que la fuente de llegada sigue siendo la misma.

3.1.4. Tasa de atención de servicio

Se realizan los cálculos tomando como base la adición de un operador en las estaciones Front y Coordinación:

	OPERADORES	
Front	4	3
Coordinación	2	2
Seguimiento	1	1
TOTAL	7	6

De los cálculos en el capítulo 2 se tiene que la tasa de servicio por operador en el Front matutino es de 14 llamadas por hora en la estación, y en el vespertino, 18. Adicionando la capacidad de un operador adicional capacitado para trabajar en esta posición, queda una tasa de servicio de:

$\mu = 58$ llamadas / hora turno matutino

$\mu = 54$ llamadas / hora turno vespertino

En las siguientes estaciones, Coordinación y Seguimiento, la nueva tasa de servicio es:

$\mu = 37$ llamadas / hora turno matutino

$\mu = 34$ llamadas / hora turno vespertino

La tasa promedio de servicio sería:

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 58 + 37 + 37 = 132 && \text{Turno matutino} \\ \mu &= \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 54 + 34 + 34 = 122 && \text{Turno vespertino} \\ &&& \text{Llamadas / hora} \end{aligned}$$

Para el turno nocturno no se proponen cambios debido a que su tasa de servicio es mayor que su tasa de llegada de llamadas, y tiene un 56% de probabilidad que el sistema esté vacío.

3.1.5. Medidas de rendimiento resultantes

Se calculan las nuevas medidas de rendimiento con la modificación en el número de servidores:

3.1.5.1 Probabilidad de llamadas en el sistema

Fórmula:

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

Sustituyendo:

AM	$\lambda = 146$	$\mu = 132$	$s = 7$
PM	$\lambda = 116$	$\mu = 122$	$s = 6$
NOCTURNO	$\lambda = 16$	$\mu = 36$	$s = 1$

Da como resultado:

	<i>P₀</i>
<i>AM</i>	33.11%
<i>PM</i>	38.74%
<i>NOCTURNO</i>	56%

Probabilidad de que el sistema esté vacío.

Probabilidad de que una llamada que llega tenga que esperar:

	<i>P₁</i>
<i>AM</i>	0.08%
<i>PM</i>	0.25%
<i>NOCTURNO</i>	44.40%

3.1.5.2. Número esperado de llamadas en el sistema

Se refiere al número esperado de llamadas que estarán en el sistema e incluye llamadas esperadas en cola y las que están recibiendo el servicio.

Fórmula:

$$L_s = L_q + \lambda / \mu$$

Sustituyendo:

$$L_s = 0.0029 + (146/132) = 1.1089 \quad \text{turno matutino}$$

$$L_s = 0.0088 + (116/122) = 0.9596 \quad \text{turno vespertino}$$

$$L_s = 0.35 + (16/36) = 0.8 \quad \text{turno nocturno}$$

3.1.5.3. Longitud esperada de la cola

L_q , longitud esperada de la cola, sin incluir los clientes que se encuentren en servicio, se calcula de la siguiente manera:

Fórmula:

$$L_q = \frac{\rho (\lambda / \mu)^s}{s!(1-\rho)}$$

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

$$\begin{aligned}\rho_{AM} &= 146 / (132 * 7) = 0.1580 \\ \rho_{PM} &= 116 / (122 * 6) = 0.1584 \\ \rho_{Nocturno} &= 16 / (36 * 1) = 0.4444\end{aligned}$$

Sustituyendo:

$$\begin{aligned}L_q &= 0.0029, && \text{turno matutino} \\ L_q &= 0.0088, && \text{turno vespertino} \\ L_q &= 0.35, && \text{turno nocturno}\end{aligned}$$

3.1.5.4. Tiempo de espera en el sistema

Es el tiempo total que tarda un servicio generado en ser atendido y abandonar el sistema.

Fórmula:

$W = W_q + 1/\mu$; donde W_q = Tiempo promedio de espera en la cola

	W	Minutos
AM	0.008	0.46
PM	0.008	0.50
NOCTURNO	0.050	2.98

3.1.5.5. Tiempo de espera en la cola

Es el tiempo que se espera para ser atendido, no incluye el tiempo de servicio.

Fórmula:

$$W_q = L_q / \lambda$$

	<i>Wq</i>	<i>Minutos</i>
<i>AM</i>	0.000020	0.0012
<i>PM</i>	0.000076	0.0046
<i>NOCTURNO</i>	0.021875	1.3125

3.2. Factor de utilización

Cálculo

$$\rho_{AM} = 146 / (132 * 7) = 0.1580$$

$$\rho_{PM} = 116 / (122 * 6) = 0.1584$$

$$\rho_{Nocturno} = 16 / (36 * 1) = 0.4444$$

3.3. Tiempo de abandono de llamada en espera

Al cambiar el mecanismo de servicio o variar el número de servidores, el índice de paciencia de los clientes no varía, ya que este depende de la voluntad del cliente a esperar por el servicio y no del sistema.

Resultados para el modelo propuesto de colas M/M/s para un estado estable, con variación en el número de servidores:

Tabla IX. **Medidas de rendimiento variación número de servidores**

	AM	PM	NOCTURNO
s	7	6	1
λ	146	116	16
μ	132	122	36
ρ	0.158	0.1584	0.4444
Po	33.11%	38.74%	56.00%
P1	0.08%	0.25%	44.40%
Lq	0.0029	0.0088	0.35
Ls	1.1089	0.9596	0.8
Wq	0.0012	0.0046	1.31
Ws	0.46	0.5	2.98

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MEJORADO

4.1. Análisis de resultados obtenidos

El objetivo principal es mejorar la operación del sistema para que se pueda brindar un mejor servicio a los clientes. Actualmente, el tiempo de espera es en promedio de hasta 3.22 minutos y la cola de llamadas puede llegar a ser de casi 7 llamadas en espera. El sistema posee una tasa de abandono promedio de llamadas de hasta un 14%.

Bajo estos parámetros, se plantea la necesidad de elevar el nivel servicio para lograr disminuir la cantidad de llamadas abandonadas y el tiempo que un cliente debe esperar para ser atendido; idealmente, se busca que estas llamadas de emergencia sean inmediatamente atendidas, sin que el cliente tenga que esperar; esto se logrará a través de la oportunidad de mejora que se ha detectado en las medidas de rendimiento.

Tabla X. Comparación de las medidas de rendimiento

Parametro/turno	RESUMEN DE LAS MEDIDAS DE RENDIMIENTO DE LOS DIFERENTES MODELOS DE COLAS								
	ACTUAL			VARIACION MECANISMO DE SERVICIO			VARIACIÓN NUMERO DE SERVIDORES		
	AM	PM	NOCTURNO	AM	PM	NOCTURNO	AM	PM	NOCTURNO
s	5	4	1	5	4	1	7	6	1
λ	146	116	16	90	70	16	146	116	16
μ	75	72	36	75	48	36	132	122	36
ρ	0.3893	0.4027	0.4444	0.2400	0.3600	0.4444	0.1580	0.1584	0.4444
Po	14.18%	19.69%	55.56%	30.14%	23.12%	55.56%	33.11%	38.74%	56.00%
$P1$	8.48%	13.72%	44.40%	6.20%	4.36%	44.40%	0.08%	0.25%	44.40%
Lq	3.44	6.23	0.35	0.15	3.82	0.35	0.0029	0.0068	0.35
Ls	5.38	7.84	0.8	5.38	7.84	0.8	1.1089	0.9596	0.8
Wg	1.41	3.22	1.31	0.002	0.055	1.31	0.0012	0.0046	1.31
Ws	2.21	4.06	2.98	0.015	0.075	2.98	0.46	0.5	2.98

Fuente: elaboración propia.

4.2. Comparación del método actual con el propuesto

Después de encontrar las medidas de rendimiento del método actual, proponer y evaluar el método propuesto, es necesario hacer la comparación de las diferentes variables de cada uno de los sistemas para que se pueda dar una conclusión sobre qué método es mejor.

4.2.1. Variación de número de servidores

Comparando el sistema actual con el sistema propuesto de aumentar el número de servidores, se observa que el número de llamadas en cola disminuye considerablemente con una tendencia a ser igual a 0. El tiempo de espera en cola también disminuye de la misma manera.

El factor de utilización disminuye en casi un 50%, por lo que cada operador individual contará con un mayor tiempo para poder brindar una mejor atención al cliente, tal y como se espera para una llamada de emergencia.

Aumentando el número de servidores en las dos primeras estaciones de trabajo se logra que la probabilidad de que una llamada que ingrese tenga una espera mínima y, por lo tanto, que el porcentaje de llamadas abandonadas también se vea reducido.

Este modelo tiene la principal ventaja que permitirá cubrir los horarios de saturación que se dan los días lunes y viernes en todos los turnos. Ofrece la capacidad adicional no solo para mejorar el servicio en las condiciones estándar sino que permitirá que el sistema reaccione con un mejor rendimiento en los

horarios de saturación y en los picos de llamadas que se generen por factores no controlables (clima, manifestaciones, etc.)

4.2.2. Variación del mecanismo de servicio

Con este método se propone reorganizar el sistema de operación para eliminar las estaciones de servicio en serie y consolidar las actividades en una sola estación. Las medidas de rendimiento comparadas contra el sistema actual también mejoran, ya que se logra duplicar la probabilidad de que una llamada que ingrese no tenga que esperar. Asimismo, se logra disminuir el tiempo de espera en la cola y la longitud de esta.

Sin embargo, solamente beneficia al proceso basándose en condiciones estándares en la tasa de llegada; quedaría siempre con un déficit en la eficiencia de atención en los horarios de saturación y horas pico.

¿Qué modelo es el más recomendable para implementar? Ya que el objetivo es brindar un mejor servicio al cliente por el tipo de llamadas que se atienden, se debe tomar el modelo que permita que la espera en condiciones estándares sea igual a cero y que en los horarios de saturación sea capaz de reaccionar sin bajar el nivel de eficiencia esperado. Los clientes tienen una mayor urgencia y están poco dispuestos a esperar para recibir el servicio, comparados con otros tipos de colas como se vio en el cálculo de la paciencia.

No es lo mismo esperar por una transacción bancaria donde se tiene visibilidad de la cola y una estimación del tiempo requerido para obtener el servicio, que esperar bajo condiciones de estrés (accidentes, pinchar llanta en medio del tráfico, tener un niño enfermo, etc).

La percepción del cliente hacia un buen servicio de este tipo está directamente relacionada con el tiempo que demore en ser solventado su problema.

Tener holgura en la capacidad de servicio permitirá mejorar en los aspectos siguientes:

- El servicio actual que se brinda.
- Exceder las expectativas de los clientes.
- Poder reaccionar ante un pico de llamadas y saturación por causas no controlables.
- Seguir creciendo comercialmente a mediano y largo plazo.

Esto permitirá acortar la distancia entre el tiempo que un cliente está dispuesto a esperar, contra el tiempo teórico que necesita esperar. Para este caso, el modelo que se debe implementar es el aumento en el número de servidores, ya que adicional a las ventajas que ya se mencionaron en relación con la capacidad de atención, permite tener mejores puntos de control a lo largo del proceso. Además de evaluarse el servicio que cada operador da y relacionar las medidas de desempeño individuales con las colectivas, incentivando el trabajo en equipo y la profesionalización de cada operador en una área de atención específica.

4.3. Cambios en el sistema de la planta

Para aumentar el número de servidores acorde al modelo propuesto, es necesario considerar la capacidad instalada de la planta que como ya se mencionó en el capítulo 1; actualmente se cuenta con 100 líneas disponibles para atención de los clientes.

En términos operativos, es necesario para cada uno de los nuevos operadores:

- Habilitar el equipo telefónico correspondiente
- Crear nuevos usuarios y contraseñas de ingreso al sistema

4.3.1. Duración de mensajes de respuesta

Actualmente el mensaje de respuesta inicial para todos los clientes que llamen por cualquier línea telefónica es: “Esta llamada está siendo grabada. En su servicio de asistencia estamos para servirle. Gracias por comunicarse con nosotros. En un momento uno de nuestros coordinadores de asistencia estará atendiendo su llamada” Con una duración de 11 segundos.

Si la llamada entra en cola un segundo mensaje es reproducido: “En este momento nuestros operadores están ocupados, por favor espere en línea mientras su llamada es atendida”. Con duración de 6 segundos.

Si la llamada continúa en espera, a los 18 segundos un tercer mensaje es escuchado: “No nos hemos olvidado de usted, en un momento uno de nuestros operadores atenderá su llamada”. Con duración de 7 segundos.

Estos mensajes son repetidos alternándose cada 18 segundos, hasta que la llamada es atendida o abandonada.

4.3.2. Protocolo de atención de llamada

Actualmente, cada cliente que llama a la central de asistencias debe ser atendido por la primera estación de trabajo Front; donde debe escuchar como mínimo el primer mensaje de bienvenida.

Considerando que el 46% de las llamadas no son solicitudes de asistencia directas y que corresponden a llamadas de otro tipo, se propone asignar una línea exclusiva para canalizar estas llamadas.

Esta línea deberá estar relacionada a un DID digital y se deberá configurar para que sea atendida en recepción. Con esto se logra disminuir el tráfico de llamadas no relevantes para la cabina de asistencias.

Para disminuir el tiempo de respuesta a la llamada, es necesario modificar el protocolo de respuesta, haciendo que, si la llamada es asignada de inmediato a un operador el mensaje sea:

“Esta llamada está siendo grabada”

Con una duración de 2 segundos, acortando 9 a los 11 iniciales. El mensaje de bienvenida será entonces proporcionado por el operador que atenderá la llamada. Este mensaje deberá ser estandarizado para todos:

“Gracias por llamar a (nombre de la empresa), le atiende (nombre del operador), ¿en qué le puedo servir?”

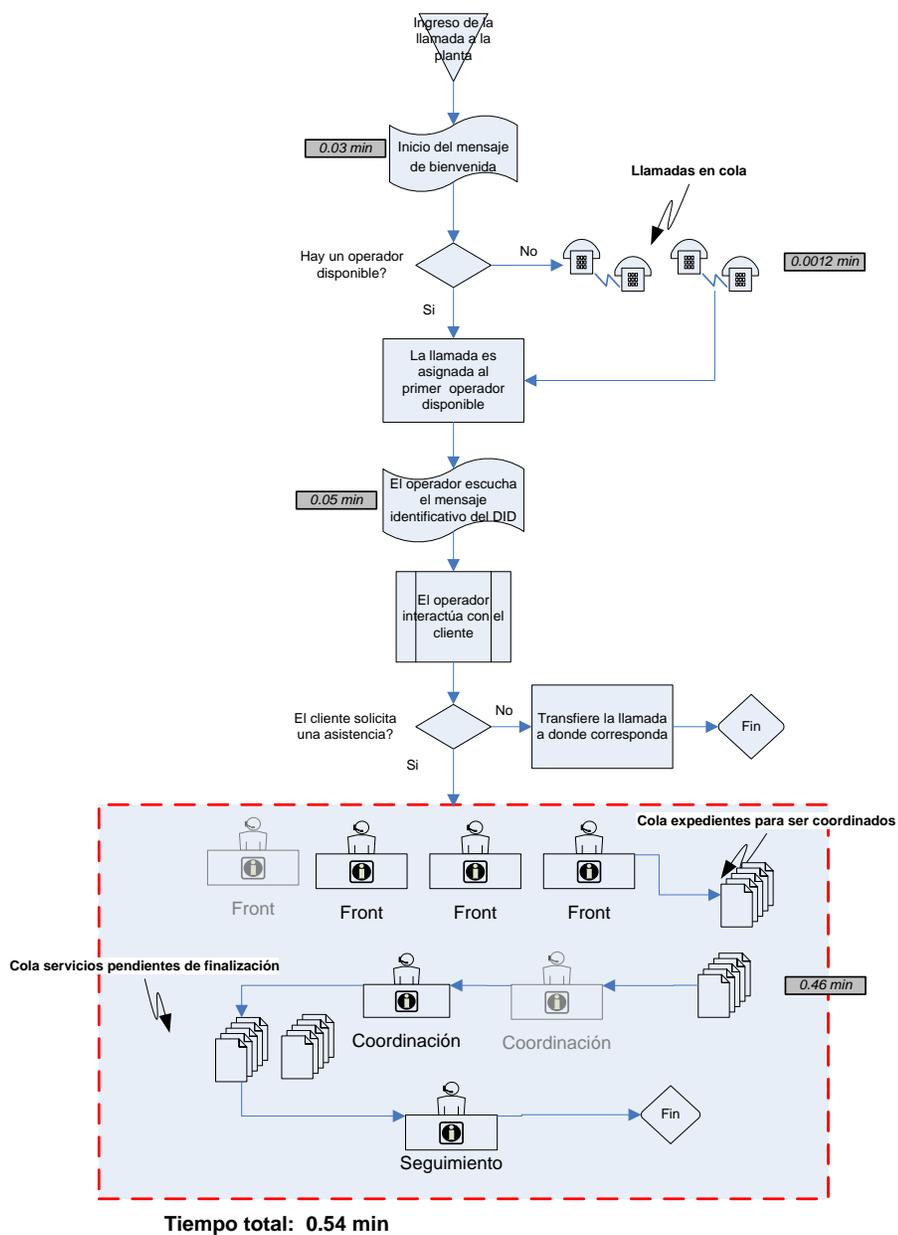
Con esto se logra la pronta interacción del cliente con una persona, evitando así que la llamada sea abandonada por la irritación o poca paciencia

de un cliente. Permite además que el cliente se sienta aliviado por obtener una respuesta más breve.

4.4 Diagrama de proceso mejorado

A continuación se presenta el nuevo esquema de atención de una llamada:

Figura 10. Diagrama de proceso mejorado



Fuente: elaboración propia.

4.4.1. Comparación del flujo de proceso actual vrs. propuesto

Al comparar el diagrama del proceso actual con el propuesto se puede ver que los tiempos de atención disminuyen; esto se logra con la implementación del modelo propuesto de variación del número de operadores y con los cambios en el protocolo de respuesta de las llamadas.

Además de la disminución del tiempo de respuesta, se logra que la interacción entre el cliente y el operador sea inmediata, disminuyendo con esto la tasa de abandono de llamadas y una mejor percepción del servicio por parte del cliente.

Con el sistema mejorado, se logra enfatizar la importancia que tiene la atención inmediata de una llamada y un aprovechamiento real y eficiente de un momento de la verdad clave.

En los apéndices se incluye, adicionalmente, un análisis del punto de equilibrio para determinar el precio a partir del cual se puede cobrar por un servicio efectuado.

4.5. Resultados

Como parte de la implementación del modelo propuesto se logró disminuir la tasa de abandono.

Tabla XI. **Tasa de abandono resultante**

	INGRESADAS	ABANDONADAS	%
<i>AM</i>	413	23	5.56%
<i>PM</i>	293	15	5.11%
<i>NOCTURNO</i>	39	2	5.12%

Fuente: elaboración propia.

Resultados obtenidos durante 1 mes de observaciones.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Control de número de operadores por jornada de trabajo/ temporada / días pico

Al implementar el modelo propuesto se ha logrado reducir el tiempo de espera y responder de manera inmediata las llamadas de los clientes.

Los cálculos realizados en la sección 2.4 muestran que durante el turno matutino se pueden llegar a recibir hasta 889 llamadas en un día lunes (09:00 hrs.); en el turno vespertino, 621 en un día viernes (17:00 hrs.) y en el nocturno 121, en un día sábado (23:00 hrs.). A a esto se le considera días y horarios pico, y son los días en los cuales el sistema estará saturado al máximo. En los apéndices I, II y III se pueden observar las gráficas de los días pico por turno.

El cambio en el sistema propuesto, de aumentar el número de servidores, minimiza el impacto de estos picos y en jornadas con condiciones externas no controlables se puede balancear el número de operadores, alternándolos dentro de las estaciones de trabajo. Al elevarse la carga de trabajo en alguna estación, el supervisor de turno podrá mover un operador de la estación holgada a la saturada, con el fin de compensar el flujo del trabajo.

En el caso de las temporadas especiales, Semana Santa y fin de año, se podrá contratar operadores temporales o vacacionistas para compensar el aumento de llamadas.

5.1.1. Creación de sistema para controlar asistencias, horario de entrada y salida, tiempo ocioso, tiempo disponible y rendimiento por operador

Con los cambios realizados es útil aprovechar las facilidades con que cuenta la planta y los puntos de control que permite el modelo de trabajo, dentro de las cuales se puede medir en relación con el desempeño de los operadores: cantidad de llamadas respondidas, tiempo total conectado al sistema, duración de llamadas entrantes y salientes, llamadas transferidas, tiempo ocioso y tiempo invertido en necesidades personales.

Solo lo que se puede medir se puede mejorar. Es necesario crear un sistema de medición del rendimiento de los operadores que permita conocer qué oportunidades de mejora se tienen.

El nuevo sistema de control propuesto incluye no solo la medición de parámetros de rendimiento, sino también servirá para controlar la asistencia y puntualidad de cada operador.

Para el cálculo del rendimiento por operador se tomará en cuenta lo siguiente:

- Asistencia y puntualidad: Para controlar la asistencia y puntualidad se debe cumplir con los siguientes procedimientos:
 - Asignación de trabajo: a cada operador le será asignada una estación de trabajo, un cubículo, una computadora y un teléfono. Para el uso del teléfono se asignará un usuario y una clave personal.

- Ingreso al sistema (log in): los operadores deberán reportarse a su turno 5 minutos antes de la hora de ingreso para poder conectarse a la planta con su contraseña y estar disponibles al inicio de su horario de trabajo.
- Salida del sistema (log out): al finalizar el turno cada operador deberá digitar nuevamente su contraseña para poder desconectar su usuario del sistema.

Esto aplica para todos los operadores de cualquier área y de todos los turnos, y servirá para el cálculo de descuentos por ausencias o pagos de horas extras.

- Tiempo disponible y tiempo ocioso: para el cálculo y medición del tiempo ocioso u ocupado, se usará las configuraciones del teléfono actuales:
 - ACW (after call work): tiempo en el que el operador está conectado al sistema pero bloqueado para recibir llamadas. Esto solo puede ser activado si el operador se encuentra ejecutando una tarea relacionada con el trabajo.
 - PAT (Personal Assignment Time): tiempo en el que el operador está conectado al sistema pero bloqueado para recibir llamadas. Este podrá ser activado cuando el operador se encuentre atendiendo necesidades personales.

Cada uno de estos estados será activado por el operador en su terminal telefónica y con el aval del supervisor de turno.

- Llamadas atendidas: la planta permite la medición de la cantidad de llamadas respondidas por operador. La cantidad de llamadas respondidas por cada operador deberá ser comparada con el estándar.
- Tiempo promedio de atención de llamadas: esto será la media de la duración de todas las llamadas entrantes y salientes y también se calculará mensualmente, con base en los datos proporcionados por la planta.

Semanalmente, el supervisor de turno deberá generar un reporte de los 4 aspectos que se van a evaluar, donde se indique por operador, los resultados obtenidos en esa semana.

Se establecerán estándares en cada aspecto que se va a medir.

5.2. Análisis de capacidad para la incorporación de futuros clientes

A continuación se describen los requerimientos necesarios para la incorporación de más clientes:

5.2.1. Requerimiento del recurso humano

Para la implementación del modelo propuesto, será necesaria la contratación de personal adicional, en total 4 operadores más. Esto servirá para mejorar el proceso actual. Con el personal disponible, según los datos obtenidos se tiene un factor de utilización de solo el 15%; lo que deja una capacidad de crecimiento del 85%, que deberá ser balanceada con el nivel de servicio que requieran los nuevos clientes.

El tamaño del crecimiento del recurso humano estará en función del tamaño de la cartera de usuarios que se agreguen por cliente nuevo.

5.2.2. Requerimiento de planta telefónica

La planta telefónica tiene actualmente capacidad para asociar 100 DID's y 12 agentes conectados. En el modelo actual, el máximo de agentes conectados es de 7, por lo que se cuenta con capacidad para 5 operadores más. Si con la incorporación de nuevos clientes es necesario incrementar el número de operadores, deberá ampliarse la capacidad de la planta, habilitando un módulo de operación adicional por medio de una tarjeta; lo cual incrementaría la capacidad a 200 DID's y 24 agentes.

5.2.3. Requerimiento de espacio físico

Al contemplar agregar más operadores al sistema actual, es importante contar con el espacio suficiente para que todo el equipo trabaje de manera ordenada y eficiente.

Las oficinas actuales cuentan con el mobiliario y equipo para la ampliación del número de operadores hasta un número total de 12 por turno. Con lo que al igual que la planta deja un margen de crecimiento de 5 operadores más con las instalaciones actuales. En los apéndices se puede observar la distribución de las estaciones de trabajo.

5.3. Establecimiento de estándares de trabajo y cumplimiento de mejora continua

Para asignar una calificación al operador, es necesario comparar su desempeño contra un estándar objetivamente fijado.

A cada aspecto de la evaluación planteada con anterioridad, se le asignará una ponderación:

- Asistencia y puntualidad 15%: la asistencia está establecida en 3 turnos de 8 horas cada uno, ingresando en los siguientes horarios:

Turno matutino	07:00 hrs.
Turno vespertino	15:00 hrs.
Turno nocturno	23:00 hrs.

Cada operador deberá cumplir con el 100% de su asistencia puntual, para recibir una calificación completa. Las ausencias deberán ser notificadas y autorizadas con anticipación.

- Tiempo disponible y tiempo ocioso 25%: para el estado PAT se considerará 45 minutos como el tiempo máximo por jornada de trabajo de 8 horas. Esto está calculado con base en un suplemento del 8% para necesidades personales (ir al baño, tomar agua, descansos, etc.). El tiempo máximo asignado para el estado ACW es de 15 minutos. Cada asignación de tiempo mayor a esto deberá ser justificada y autorizada con el supervisor de turno.

- Llamadas atendidas 35%: el estándar actual de llamadas promedio atendidas por operador es de 14, 18, 4; para los turnos matutino, vespertino y nocturno, respectivamente; basándose en las observaciones efectuadas durante 3 meses, en esta media será considerada la tasa media de rendimiento.
- Tiempo promedio de atención de llamadas 25%: el tiempo promedio de atención de llamadas se estableció tomando como base de la duración de las llamadas entrantes y salientes de los últimos 3 meses:

Turno matutino	3.8 min.
Turno vespertino	3.5 min.
Turno nocturno	3.9 hrs.

5.3.1. Creación de un sistema de incentivos con base en los estándares de trabajo

En todo negocio es necesario considerar la motivación del personal como factor clave del éxito de la empresa. Un operador feliz dará un mejor servicio a un cliente. Lo último que un cliente espera al tener una emergencia es encontrar a un servidor enojado, molesto o poco empático.

Tener personal motivado es una tarea que muchas veces se torna complicada, pues hay que conocer las necesidades particulares de cada individuo para lograr una motivación trascendental y que este se comprometa con la filosofía de trabajo de la empresa. Por lo que un punto de partida ideal es empezar por lo que es más fácil medir en el estado actual. Para lograr este objetivo se establecen estándares de desempeño. Estos estándares se colocan como el objetivo a alcanzar por cada operador y como meta superarlos.

La motivación se da cuando se incentiva a una persona a alcanzar un objetivo, lo cumple y recibe algo a cambio. Es importante entonces cumplir a satisfacción el ciclo completo: establecer estándares, verificar que se cumplan y retribuir el buen desempeño.

El sistema de incentivos consistiría en informar a todos los participantes qué se espera de ellos, comunicándoles cuáles son las medidas de desempeño que se tomarán en cuenta y cuáles son los estándares esperados.

Con la ayuda del supervisor de turno y del sistema de la planta se generarán reportes semanales y mensuales de los 4 aspectos a evaluar que serán compartidos con los interesados, para que oportunamente se corrijan aspectos no deseados. El supervisor deberá proporcionar retroalimentación cuando sea necesario de manera personal a cada operador, con el fin de incentivar comportamientos y actitudes positivas, corregir las negativas y obtener sugerencias de los operadores para mejorar los procesos.

Los incentivos consistirán inicialmente en bonos para el operador que mantenga un desempeño por encima del estándar, durante dos meses consecutivos.

5.3.2. Creación de un sistema de mejora continua

Todo sistema está continuamente sujeto a mejoras. Con las evaluaciones de desempeño y el sistema de incentivos se busca primordialmente mantener un ambiente cordial de trabajo, un nivel de servicio satisfactorio y empleados comprometidos con su trabajo.

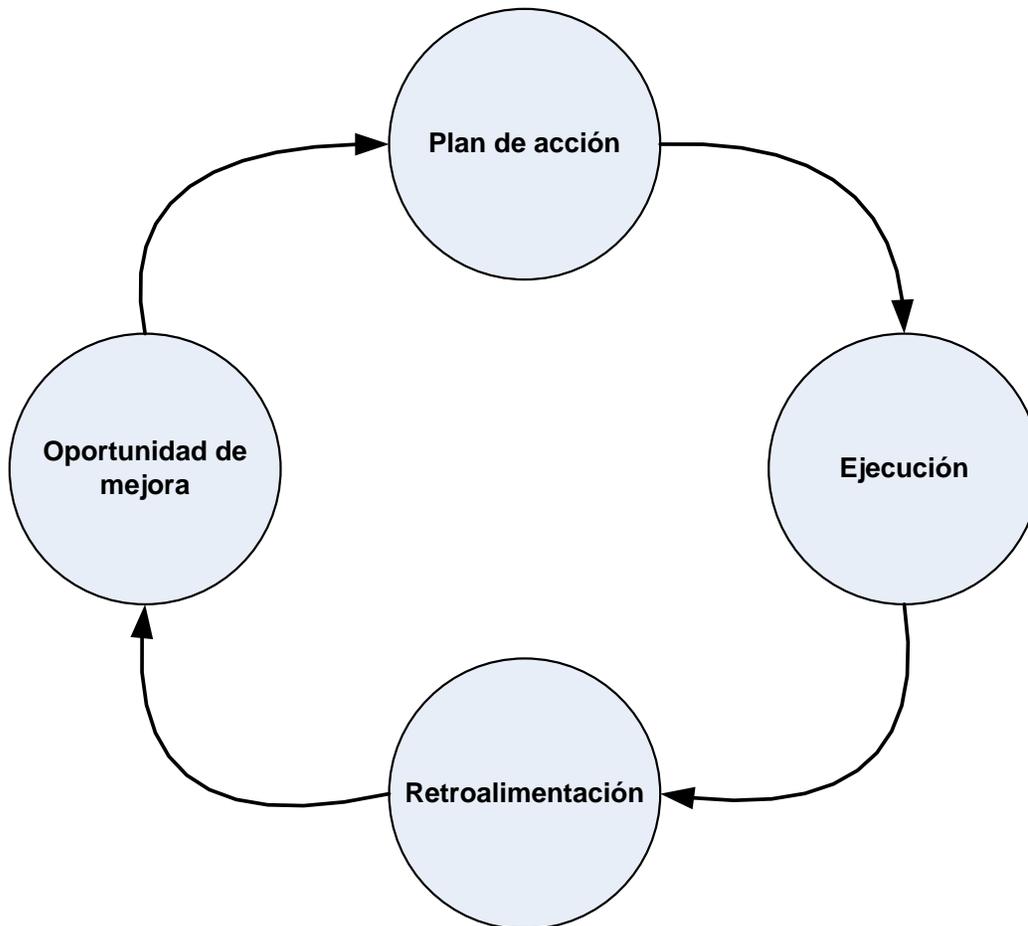
Un análisis de colas permite no solo evaluar el sistema actual y proponer uno nuevo, sino que facilita también la continua evaluación de sistemas dinámicos que cambian constantemente.

Para poder mantenerse como empresa de servicios y sobresalir ante la competencia, es necesario mantener una actitud de búsqueda de la excelencia continuamente.

Es importante establecer reuniones formales de retroalimentación y evaluación que permitan que los operadores manifiesten sus inquietudes y sugerencias hacia la mejora de los procesos. Estas reuniones deben ser mensuales para establecer planes de acción y su ejecución; y semanales, para retroalimentar.

Con las ideas que se generen a partir de estas reuniones es necesario crear un comité para llevarlas a cabo e implementarlas, y retomar la retroalimentación para compartir los resultados.

Figura 11. Sistema de mejora continua



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se calcularon los parámetros de rendimiento actuales y se encontró que la tasa de llegada λ , es mayor que la tasa de atención μ , por lo que después de ingresar 2 llamadas, la siguiente deberá esperar un promedio de 2.21 minutos en ser atendida. El tiempo de espera actual incide en un aumento en la tasa de abandono de llamadas en los tres turnos y en una disminución de la calidad del servicio, pudiendo llegar a tener hasta 85% de eficiencia.
2. El modelo actual de colas es M/M/s, con una disciplina de cola PEPS, establecida por medio de un canal de servicio en serie. Cada llamada es atendida en tres estaciones de trabajo consecutivas –front, coordinación y seguimiento- donde para completar un servicio deberá pasar por todas ellas. Utilizando la propiedad de equivalencia se calcularon las tasas de llegadas y tasas de servicio por turno: para el turno matutino una tasa de llegada de 146 llamadas por hora y una tasa de atención de 75 llamadas por hora / operador. En el turno vespertino se determinó una tasa de llegada de 116 llamadas por hora y una de atención de 72 llamadas / operador. La cantidad de servidores por turno es de 5 para el matutino, 4 en el vespertino y 1 en el nocturno.
3. El flujo de proceso actual hace que al ingresar una llamada el cliente escuche un mensaje de bienvenida de 11 segundos y luego sea transferido a un operador disponible, el cual tomará datos del servicio requerido y genera un expediente. El expediente pasa a la siguiente estación donde se coordina con el proveedor el servicio requerido y se

transfiere hacia la siguiente estación donde se le da seguimiento hasta su finalización. Este proceso tiene una duración promedio de 3.69 minutos, cuando la llamada no tiene que esperar en ninguna de las estaciones de atención.

4. Se identificaron oportunidades de mejora en el flujo del proceso, cambiando el mensaje de bienvenida de manera que se reduzca a 2 segundos de duración (recortando 9 segundos), en el caso que la llamada no tenga que esperar; con esto se logra aprovechar el momento de la verdad y que el cliente perciba que se le atiende de manera más inmediata y se logra aprovechar la interacción personal con él.
5. El índice de paciencia de los clientes se calculó de manera empírica utilizando los datos proporcionados por el *software* de la planta telefónica: promedio de llamadas atendidas y promedio de llamadas abandonadas durante tres meses consecutivos, para cada turno. Se encontró que el índice actual es de 11.5, 11,9 y 7.75; para los turnos matutino, vespertino y nocturno, respectivamente. El turno nocturno presenta el índice más bajo lo cual indica que los clientes que llaman en este horario no están dispuestos a esperar por el servicio; esto se relaciona directamente con el horario.
6. Con base en el análisis del sistema actual se determinó que el sistema más adecuado para implementar es el aumento del número de servidores bajo el mismo modelo de colas para el turno matutino y vespertino; pasando a tener 7 y 6 servidores, respectivamente. Con lo cual se mejoran significativamente los parámetros de atención, reduciendo hasta un 80% el tiempo de atención a los clientes y logrando que el tiempo de espera en cola tienda a cero y la disminución

significativa de tasa de abandono de las llamadas. Esto hace eficiente el proceso operativo y permite brindar un mejor servicio de atención a los clientes.

7. Con la implementación del método propuesto se logra acortar la distancia entre el tiempo que un cliente está dispuesto a esperar contra el tiempo teórico que necesita esperar, lo que da como resultado mejorar la capacidad de atención a los clientes, y permite tener mejores puntos de control a lo largo del proceso. Además, evalúa el servicio que cada operador da y relaciona las medidas de desempeño individuales con las colectivas, incentivando el trabajo en equipo y la profesionalización de cada operador en un área de atención específica.
8. Dentro de la evaluación operativa se encontró la necesidad de modificar el *software* de la planta para habilitar terminales telefónicas y usuarios adicionales. En relación con el espacio físico, no se requiere modificar las instalaciones actuales, ya que se cuenta con espacio para aumentar hasta 5 operadores más por turno, si fuera necesario. En el análisis del punto de equilibrio se reflejó, basado en los costos y el volumen de operación, que el costo del servicio para no ganar ni perder es del Q3.38; costo que servirá como base para fijar el precio de venta en función del margen que la empresa desee obtener por sus servicios.
9. Se establecieron estándares de trabajo para mantener un proceso de mejora continua, que permita incentivar y promover el buen desempeño de los operadores. Entre los aspectos que se contemplaron para los estándares están: asistencia y puntualidad, tiempo disponible y tiempo ocioso, llamadas atendidas y el tiempo promedio de duración de las llamadas. Asignándoles a cada aspecto una ponderación y un incentivo.

RECOMENDACIONES

1. Se debe establecer un número de teléfono que ingrese directamente a recepción para las llamadas de tipo administrativas. Esto funcionará como un filtro para que a la cabina de asistencias únicamente ingresen las llamadas de clientes solicitando servicios.
2. Para las temporadas de aumento y saturación de llamadas, Semana Santa y Navidad, se recomienda la contratación de personal temporal.
3. Es necesario tener reuniones frecuentes con los diferentes departamentos que apoyan la operación de la cabina de asistencias: proveedores, área médica, área legal y sistemas. Con el fin de recibir y dar retroalimentación para encontrar oportunidades de mejora que hagan más eficiente la operación.
4. Para el personal de reciente incorporación es necesario documentar los protocolos de respuesta y atención de las llamadas, de manera que al capacitarlos cuenten con las herramientas necesarias para su correcto desempeño.
5. Al equipo telefónico es necesario darle mantenimiento periódico pues en varios casos se han observado problemas de comunicación debido a la suciedad que obstruye los micrófonos de los teléfonos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BAUTISTA, Joaquín. *Sistemas con esperas: teoría de colas y simulación*. 2a. ed. Calalunya, España: ETSEIB, 1999. 120 p.
2. BROWN, Lawrence D. *Statistical analysis of a telephone call center: a queueing-science prespective*. United States: Department of Statistics, The Warthon School, University of Pensylvania. Philadelphia, PA, 2002. 61 p.
3. CAO, Ricardo. *Introducción a la simulación y a la Teoría de Colas*. Coruña, España: Netbiblio, 2002. 219 p.
4. DESLAURIES, Alexandre. *Markov Chain models of a telephone call center with call blending*. Canadá: University of Alberta. Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, 2003. 36 p.
5. ESCUDERO, Laureano. *Aplicaciones de la teoría de colas: análisis y solución de los problemas de los "cuellos de botella" en almacén, producción y ventas, con referencias breves a Business Games y Teoría de Juegos*. Lima, Perú: Deusto, 1972. 259 p.
6. GAMAS VELÁSQUEZ, Víctor Eduardo. *El estudio de colas en el procesamiento de datos de liquidación de ventas en una fábrica y embotelladora de bebidas*. Trabajo de graduación de

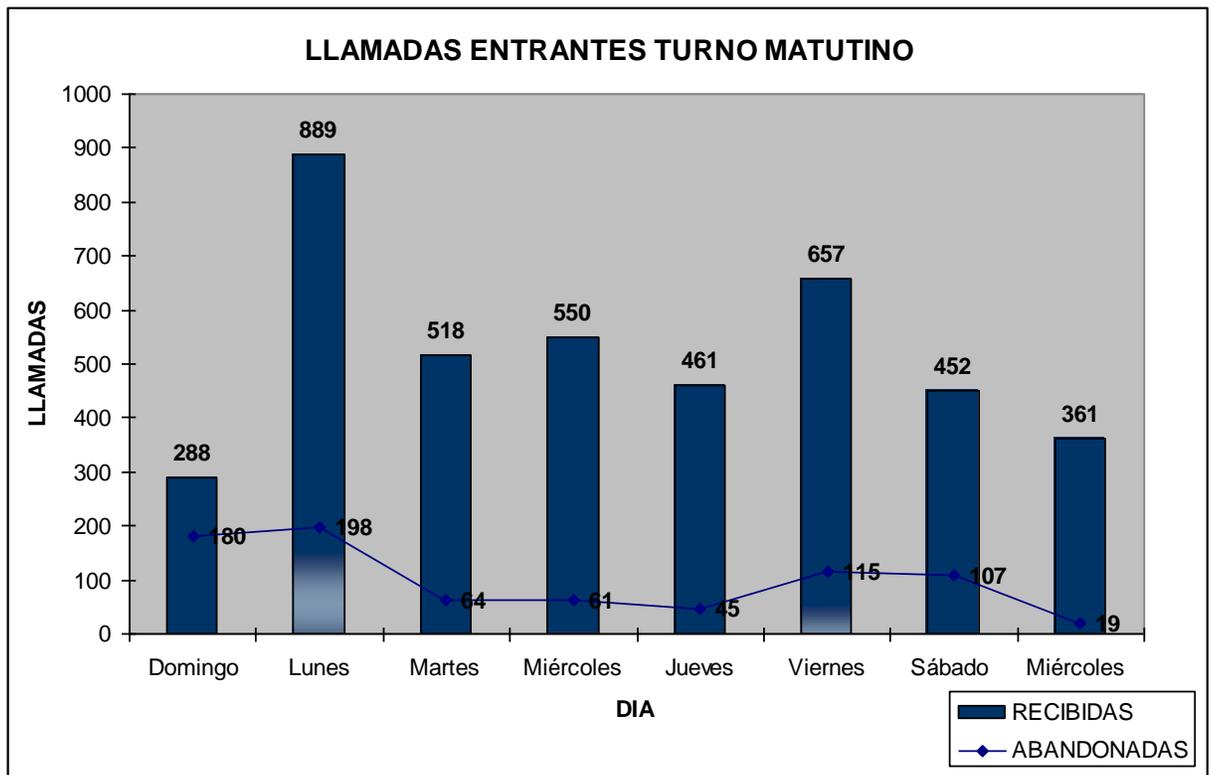
Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 68 p.

7. HERNÁNDEZ CARRANZA, Kenneth Douglas. *Mejoramiento del Tráfico de productos por medio de un sistema de líneas de espera en el área de distribución de una empresa dedicada a la confección*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 95 p.
8. HILLIER, Frederick; LIBERMAN, Gerald J. *Investigación de operaciones*. 5a. ed. México: McGraw-Hill, 2002. 1223 p.
9. *Manual de operaciones de cabina Sistema Internacional de Asistencia*. España: MAPFRE, 2002. 156 p.
10. SHEN, Haipeng; HUANG, Jianhua. *Forecasting arrivals to a telephone call center*. United States, Department of Statistics and Operation Research, University of North Carolina, 2003. 26 p.
11. TAHA, Hamdy. *Investigación de operaciones* 5a. ed. México: Alfaomega, 1995. 960 p.
12. WALPOLE, Raymond. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6a. ed. México: Pearsons, 1996. 601 p.

13. ZOHAR, Ety; MENDELBAUM, Avishai. "Adaptive behavior of impatient customers in tele-queues: theory and empirical support". Inform of Institute of Operation Research and Management Science, vol. 48, num. 4. 2002. 19 p.

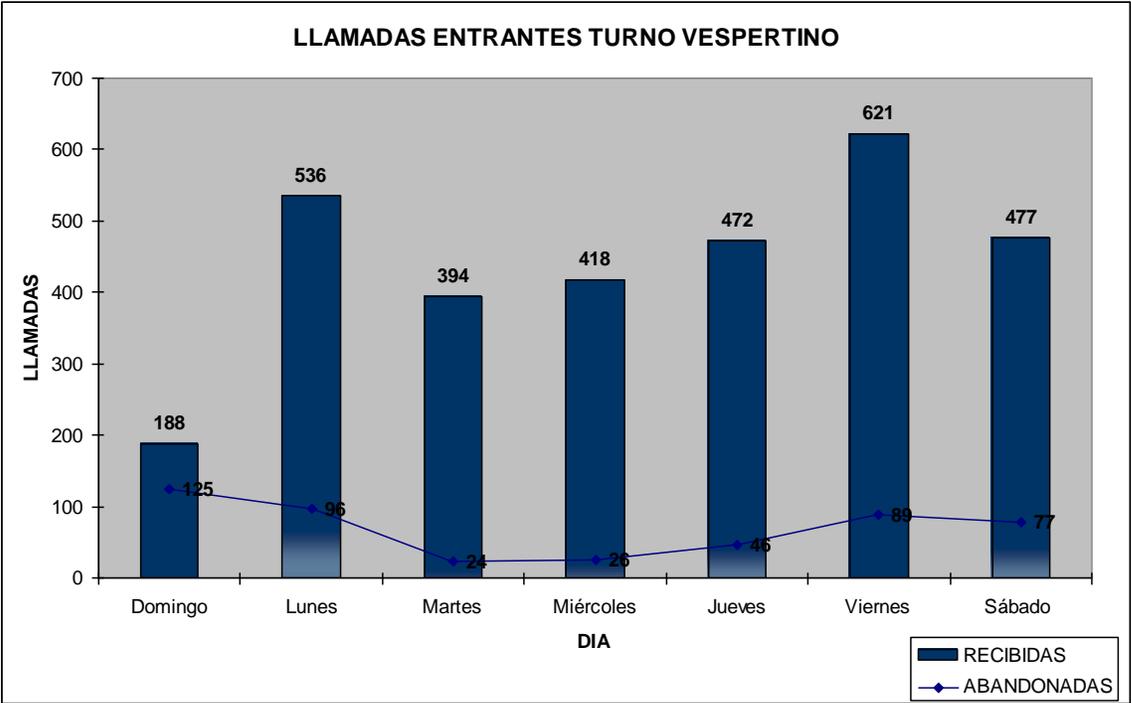
APÉNDICES

Figura 12. Llamadas entrantes y abandonadas por día turno matutino



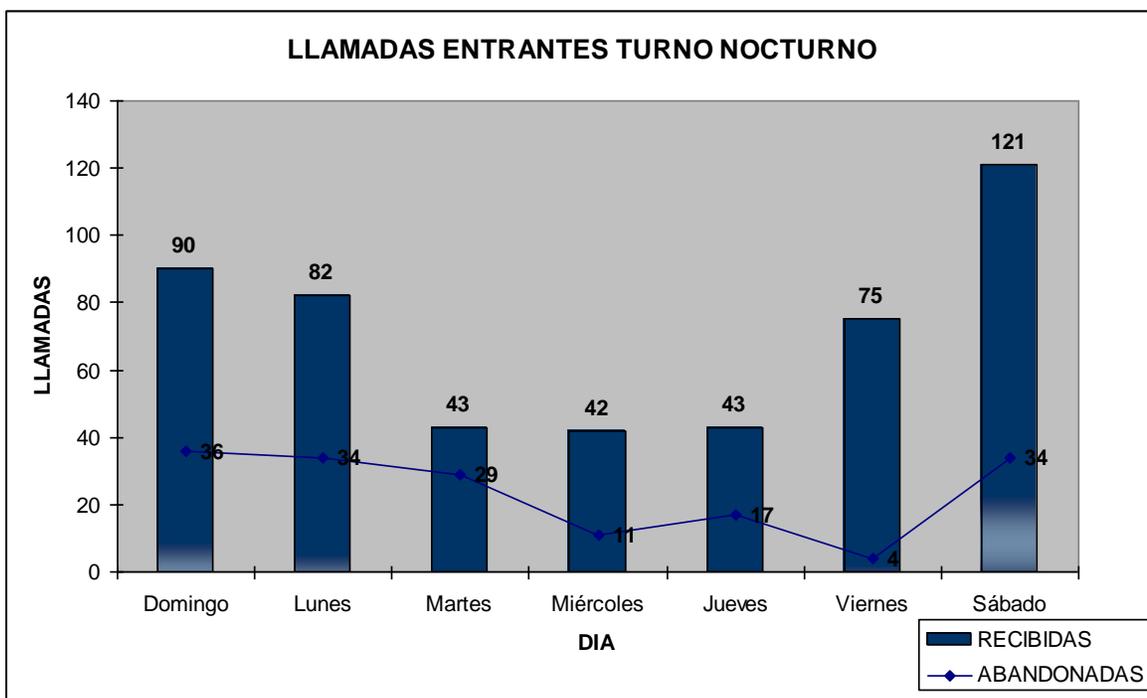
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Llamadas entrantes y abandonadas por día turno vespertino



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Llamadas entrantes y abandonadas por día turno nocturno



Fuente: elaboración propia.

Análisis del punto de equilibrio para el cálculo del precio de venta

El punto de equilibrio es el punto en donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados de un servicio o producto ($IT = CT$). Es usado para determinar la rentabilidad con base en el volumen de venta y su precio final. El punto de equilibrio determina a partir de qué volumen de venta se empieza a generar ganancias y cuál es el volumen de venta que se necesita, para recuperar los costos.

Se calcula en base a la fórmula:

$$PV(x) - CF - CV = 0$$

donde:

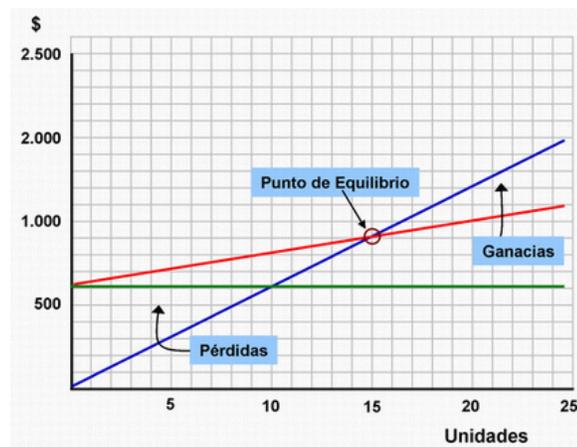
PV = Precio de venta

x = Volumen de venta en unidades

CF = Costos fijos

CV = Costos variables

Figura 15. Gráfica del punto de equilibrio



Fuente: elaboración propia.

Para el presente análisis se tomó en cuenta como costos totales – fijos más variables – únicamente la mano de obra directa de los operadores por mes:

Tabla XII. **Costos de Operación**

	Matutino	Vespertino	Nocturno
Sueldo	Q 3,700	Q 3,188	Q 3,375
# de Operadores	7	6	1
Costo Mensual	Q 21,000	Q 19,125	Q 3,375

Fuente: elaboración propia.

Considerando para el cálculo que se trabaja en jornada diurna en el turno matutino, mixta en el turno vespertino y nocturna para el último turno.

El costo total es de:

COSTO TOTAL Q 43,500

Con base en los datos de tres meses consecutivos de análisis se tiene que la cantidad promedio de expedientes generados a los cuales se les da un servicio efectivo es:

EXPEDIENTE PROMEDIO MES 12,858

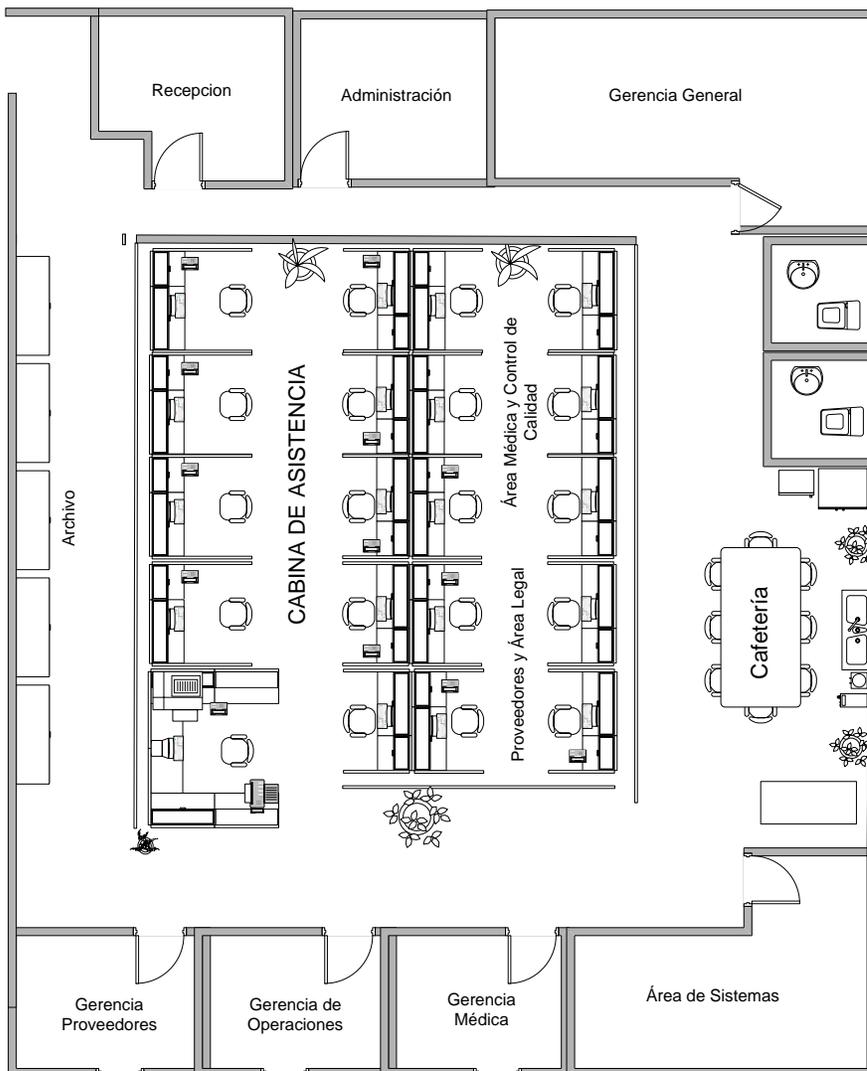
Despejando la ecuación para el precio de venta queda:

$PV = \text{Costos totales} / \text{Expedientes atendidos}$

$PV = Q43,500 / 12858 = Q3.38$

El precio para recuperar los costos fijos con base en el número promedio de expedientes generados es de Q3.38. A partir de este precio se deberá fijar el precio a los clientes, dependiendo del margen que se desee obtener de ganancia y las condiciones actuales del mercado.

Figura 16. **Distribución de las instalaciones de servicio**



Fuente: elaboración propia.