



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN



DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA SIMULACIÓN
DE LÍNEAS DE ESPERA EN UN CENTRO DE
ATENCIÓN TELEFÓNICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN MATEMÁTICAS APLICADAS
Y COMPUTACIÓN

P R E S E N T A N

MARTHA ARRIAGA SÁNCHEZ
CARLOS ALBERTO HERNÁNDEZ GAYTÁN

ASESOR:

MTRA. MARÍA DEL CARMEN GONZÁLEZ VIDEGARAY

JULIO, 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Agradecimientos

A cada persona con la que he compartido momentos importantes y especiales en mi vida, llámese familiar, amigo, compañero de estudios o de trabajo, cada uno ha contribuido de una u otra manera a que yo sea esta persona, la que no tiene palabras elocuentes que le permitan expresar totalmente la gratitud por tener la fortuna de conocerlos, a pesar de ello una sola palabra es mi oportunidad. Gracias.

Un reconocimiento especial a mi familia, porque me dieron la oportunidad de estudiar y llegar por fin a este momento en el que puedo cerrar otro ciclo, nadie más que ustedes ha creído en mí, agradezco profundamente su confianza y quiero decirles que su apoyo y ejemplo son y serán mi estímulo para continuar siempre hacia adelante.

Carlos: ¡Al fin terminamos! Gracias por todo, por el apoyo, por el impulso, por la decisión de continuar, por no flaquear a pesar de los problemas y del tiempo, sabes que juntos logramos terminar y que en cada ocasión cada uno encontró la forma de seguir hasta el final, por cada momento compartido para crear este trabajo, muchas gracias.

Amigos: A los que están y a los que se han ido, a cada uno de ustedes quiero agradecerles por sus palabras de apoyo y aliento en cada ocasión que los necesite.

Y finalmente, no podía faltar el reconocimiento a la importancia que tuvieron Acatlán, mis maestros y la UNAM, una institución de la cual me siento orgullosa de pertenecer y que me ha permitido formarme como profesional y como persona, mi agradecimiento mas sincero.

Martha

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Martha Arraga Sanchez

FECHA: 30 Junio 2005

FIRMA: Martha Arraga Sanchez

A mis padres

Lo más importante que puede tener un hombre es su educación, gracias por brindarme la mejor educación que pude haber tenido, por sus consejos, por su apoyo, por sus alegrías, por que todo lo que soy ahora partió de ustedes, de sus esfuerzos y de sus sacrificios, faltaría vida para expresarles lo que siento. Gracias por ser mis padres.

A la UNAM-Acatlán

Por haberme brindado los elementos necesarios para desarrollarme profesionalmente, por todos los conocimientos, amigos y profesores que me permitió hallar en ella, por ser la mejor Universidad.

A mis profesores

Por sus enseñanzas y dedicación en este proceso tan hermoso que es el aprendizaje, gracias por compartir sus experiencias y conocimientos conmigo.

A mis tíos

Que en todo momento me dieron su apoyo y compartieron parte de esta aventura conmigo, en los buenos y malos instantes, gracias por dejar algo de su esencia en mí.

A mis primos

Itzel, Mario, Agustín y Adriana por compartir momentos memorables, risas inolvidables y ratos de olvido, por esos instantes que hicieron que esto fuera mucho más grato.

A mis demás primos

Por estar a mi lado mientras buscaba el objetivo y dejarme pasar momentos especiales con ustedes.

A mis amigos

Durante la carrera por compartir cada materia, por su apoyo durante la misma y por que estuvieron ahí, amenizando todo. Después de la carrera por que son con los que se queda uno, por risas y llantos, por escuchar y ayudarme en el paso final, de cualquier forma que halla sido.

A mis hermanas

Por que forman parte de este sueño en todos los aspectos. Sueñen también.

A Martha

Gracias por darme tu confianza y amistad, por darme el apoyo y presionarme para llegar al fin, gracias por disfrutar este trabajo conmigo.

A mi esposa

Beatriz, por ser la pieza que complementa el alma en esta vida y le da razón a todo.

Dedicada a mi hijo Mateo.

Por ti ahora sé que nada es cuadrado, que la ilusión se lleva con más de una vida, que la felicidad es completa y que siempre existe algo más. Te quiero.

Introducción

Capítulo 1. Centro de Atención Telefónica (CAT)	1
1.1 Centro de Atención Telefónica: Definición y Términos	1
1.2 Importancia de los centros de atención telefónica en el desarrollo actual de las empresas	4
1.3 Clasificación de los centros de atención telefónica	7
1.4 Componentes de un CAT	10
1.5 Glosario de términos	14
1.6 Principales indicadores en un CAT	16
1.7 Conclusiones	20
Capítulo 2. Series de Tiempo y Pronóstico de Llamadas en un Centro de Atención Telefónica	21
2.1 Pronósticos	21
2.2 Características de Series de Tiempo.....	24
2.3 Recolección de datos para el pronóstico de llamadas.....	28
2.4 Metodología de Box-Jenkins.....	30
2.4.1 Análisis descriptivo de la serie	30
2.4.2 Identificación del modelo a través del análisis de las gráficas de autocorrelación simple y autocorrelación parcial	35
2.4.3 Estimación de parámetros, diagnóstico y validación del modelo	44
2.4.4 Pronóstico de llamadas	52
2.5 Conclusiones.....	56
Capítulo 3. Teoría de Líneas de Espera y Aplicación	57
3.1 Introducción	57
3.2 Elementos y Clasificación de las líneas de espera	58
3.2.1 Una línea – Un servidor – Población Infinita	60
3.2.2 Una línea – Un servidor – Población Finita	63
3.2.3 Una línea – Servidores múltiples en paralelo – Población Infinita	65
3.2.4 Una línea – Servidores múltiples en paralelo – Población Finita	67
3.2.5 Una línea – Servidores múltiples en serie	68
3.3 Planteamiento del Problema	70
3.4 Recolección de datos	71
3.5 Modelado de datos como una línea de espera	79
3.6 Conclusiones	82

Capítulo 4. Simulación de una Línea de Espera en un Centro de Atención Telefónica	84
4.1 Introducción	84
4.2 Definición del sistema y formulación del modelo	86
4.3 Recolección de información	89
4.4 Implementación del modelo y validación.....	90
4.5 Experimentación del modelo	93
4.6 Interpretación de resultados.....	94
4.7 Conclusiones	95
Capítulo 5. Desarrollo de un programa de simulación para líneas de espera en un Centro de Atención Telefónica	97
5.1 Marco teórico para el desarrollo de sistemas	97
5.1.1 Análisis e identificación de requerimientos	98
5.1.2 Modelado de datos	99
5.1.3 Diseño del Sistema	103
5.2 Definición de objetivos y alcances en el desarrollo del programa	111
5.3 Formulación del programa	113
5.4 Validación del programa	118
5.5 Conclusiones	122
Conclusiones Generales	
Bibliografía	
Contenido CD:	
Apéndice A. Datos para Series de Tiempo	
Apéndice B. Pruebas de Bondad de Ajuste para Llamadas	
Apéndice C. Pruebas de Bondad de Ajuste para Tiempo entre Llamadas	
Apéndice D. Datos de la Simulación	
Apéndice E. Desarrollo del Sistema	

Introducción

Durante décadas el objetivo de las empresas de servicios había sido atraer clientes mediante el ofrecimiento de productos de alta calidad, apoyados en grandes campañas de publicidad, sin embargo, con la apertura comercial que se ha dado en los últimos años, la variedad de productos o servicios se han acrecentado y la mayoría de ellos ofrecen o tienen más o menos la misma calidad, con lo que se vuelve casi imperceptible para el comprador la diferencia entre productos.

Es por ello que el enfoque de las empresas ha cambiado, su búsqueda se ha convertido ahora en la satisfacción completa del cliente nuevo en todos los aspectos, desde una mejor calidad en la atención inicial y respuesta a todas sus inquietudes, hasta el ofrecimiento de teléfonos de atención para posibles dudas después de la adquisición de su producto o servicio.

La atención hacia los que ya son sus clientes también ha cambiado, ya no es suficiente con que la persona haya adquirido su producto con la empresa, ahora se necesita contar con un servicio de atención post-venta para que el cliente se sienta atendido en todo momento que lo necesite, evitando así que se sienta insatisfecho con el bien o servicio. Sin embargo, esta atención a todos los clientes no se podría dar de persona a persona, ya que todas las empresas requerirían tener una gran cantidad de personal por región, lo mismo para atender a clientes que se localicen en Querétaro que en Tijuana, por referirnos a una empresa mexicana, ya que hablando de una empresa internacional debería tener en cada país una cantidad considerable de personal, esto aumentaría los costos de manera tal que difícilmente sería rentable para alguna empresa.

Es esta necesidad la que orilló a las empresas a recurrir al uso de la tecnología para la atención de su creciente número de clientes y empezó a atenderlos vía telefónica, sin embargo, el incremento de estos empezó a rebasar su capacidad de atención y se vieron en la necesidad de contratar o incluso crear Centros de Atención

Telefónica cuya función era exclusivamente la atención de llamadas de clientes que contaban con productos de la empresa. El cambio no se detuvo en la atención de clientes que llaman, viendo la importancia que tomaba el uso de la telefonía en la atención al cliente, mediante el ofrecimiento de números telefónicos sin costo para el usuario, se dieron a la tarea de utilizar este servicio también para el ofrecimiento o venta de su producto o servicio, es de esta forma como los CATs (Centros de Atención Telefónica) empiezan a cobrar importancia y se convierten en grandes aliados de toda empresa importante, ofreciendo servicios de Pre-venta, Venta y Post-venta para sus usuarios o clientes, cubriendo así las necesidades del cliente y haciendo que se sienta en todo momento importante para la empresa a la cual le compro algún producto.

De esta manera es como las empresas han cambiado su enfoque, ya no solo basándose en la calidad o novedad del producto, sino buscando el adquirir clientes que le sean fiel a la marca y que se sientan satisfechos en todo momento, clientes que se sientan cautivos pero no por necesidad, sino por la atención completa que reciben, ya que los CATs pueden brindar atención todo el día todos los días.

Este asesoramiento, servicio y venta por teléfono han crecido de manera notable en México en los últimos años, lo que ha llevado a que la mayoría de las empresas importantes a nivel comercial cuenten con el servicio de un CAT. Este desarrollo se debe a que hoy día se ha dado un cambio cultural importante en el país hacia la utilización de servicios telefónicos por parte de los clientes para informarse, realizar pedidos u obtener asesoría acerca de un bien o servicio, convirtiendo al teléfono en uno de los instrumentos de mercadeo más importantes.

Es indudable que el desarrollo de esta herramienta demanda un análisis minucioso para la mejor utilización del personal dedicado a la atención de los clientes, en virtud de que no es lo mismo el volumen de llamadas que se pueden recibir a las 8 de la mañana, cuando todos están preocupados por la entrada a escuelas, guarderías y su trabajo mismo, que a las 5 de la tarde, cuando se cuenta con mayor tiempo, tampoco es lo mismo un cliente que llama de Guadalajara que uno que llama de Mérida, esto

lleva a que no necesariamente se requiera el mismo volumen de personal a las 8 de la mañana que a las 7 de la noche, ya que se tendrían costos más elevados y gente desocupada a ciertas horas del día o pocas personas en horas de mayor volumen de llamadas.

Es esta necesidad de análisis la que nos lleva a desarrollar el presente trabajo, en el cual involucraremos herramientas matemáticas tales como las líneas de espera, la simulación y los pronósticos, con el fin de proponer un modelo práctico que sirva para simular la operación de cualquier CAT a partir de parámetros establecidos, para la facilitación del uso de este modelo se recurrirá al uso de herramientas informáticas, con la finalidad de elaborar un software que permita llevar acabo la simulación del flujo de llamadas de la operación y verificar la distribución eficiente de los operadores para optimizar la atención a los clientes. Buscando con ello que el tomador de decisiones sea el responsable de usar el sistema y optar por la mejor opción para distribuir al personal encargado de la atención al cliente.

También se expondrán conocimientos probabilísticos y estadísticos, así como información sobre el manejo de un CAT, como se compone y los parámetros de medición que se utilizan para determinar si está siendo rentable, esto en términos de la atención y servicio al cliente necesario.

De esta manera, este trabajo busca otorgar una herramienta que permita calcular el número de personal necesario para la atención al cliente, cumpliendo con los parámetros estipulados de óptimo servicio de un CAT, que sea lo suficientemente confiable y que pueda ser utilizado por la o las personas encargadas de la toma de decisiones dentro de la empresa.

Es con estos objetivos en mente que iniciaremos el desarrollo de este trabajo.

Capítulo 1. Centro de Atención Telefónica (CAT)

Objetivo: Definir y conocer las principales características de operación de un Centro de Atención Telefónica, explicando su importancia en el desarrollo actual de las empresas como herramienta fundamental que nos permite identificar y analizar las principales características de los clientes.

1.1 Centro de atención telefónica: Definición y términos

Un Centro de Atención Telefónica se define como la combinación de teléfono, computadora y tecnología de tratamiento de voz, orientado a potenciar el mantenimiento y adquisición de clientes, consiste básicamente en una serie de operadores, humanos o automáticos, que reciben o emiten llamadas telefónicas, apoyados en un software que permite hacer seguimiento de esas comunicaciones con algún objetivo particular como ventas, informes, reclamos, etc. También son una mezcla de mercadeo, gestión, organización, informática y telecomunicaciones, a disposición del personal del mismo para atender los requerimientos de los clientes o de la empresa de una forma eficaz y rentable, comprenden tareas de atención al cliente y otras de carácter operativo que son estratégicas para la empresa.

Es importante mencionar que en la práctica existen otras denominaciones que se refieren al mismo término, aún cuando en el presente trabajo la mayoría de las veces utilizaremos Centro de Atención Telefónica, a continuación se enlistan los más utilizados:

- ⌋ C.C. Call Center.
- ⌋ C.A.LL. Centro de Atención de Llamadas.
- ⌋ C.S.C. Centro de Servicios Comparativos.
- ⌋ C.A.U. Centro de Atención de Usuarios.
- ⌋ C.C.C. Customer Contact Center.

- † C.I.L. Centro Integral de Llamadas.
- † S.A.C. Sistema de Atención al Cliente.

Un Centro de Atención Telefónica utiliza tecnología sofisticada en comunicaciones, sistemas computacionales y administración de datos con destrezas personales de venta y servicios para mantener a la empresa en estrecho contacto con sus consumidores actuales y potenciales, incrementar sus ventas y mejorar el proceso productivo. Existen diversas razones que llevaron a las empresas a usar el teléfono como medio de comunicación con los clientes, entre ellas están:

- † Menores costos de personal: un equipo de vendedores telefónicos cuesta menos que una estructura de vendedores en terreno, además de requerir menos supervisores y gastos en viajes, ya que los vendedores se ubican en un solo lugar y utilizan el teléfono para comunicarse con el cliente no importando donde se encuentre.
- † Es una herramienta costo - efectiva debido a que la tendencia de los costos de telefonía ha ido disminuyendo a medida que el servicio se ha masificado.
- † Mejora las relaciones con el cliente: una conversación telefónica consume menos tiempo que una visita personal, lo que permite un contacto más frecuente y a mayor contacto se facilita el conocimiento mutuo, clave del éxito en el marketing.
- † Respuesta inmediata: el contacto permite la reacción inmediata. Si el cliente tiene dudas puede preguntar; si tiene objeciones, existe la oportunidad de aclararlas.
- † Facilita la expansión del mercado por la vía de contactar a clientes independientemente de su ubicación geográfica.
- † Estacionalidad: el Centro de Atención Telefónica obvia las restricciones de estacionalidad en la venta mejorando la velocidad de las órdenes de compra.
- † Versatilidad: una vez instalado puede ser rápidamente adaptado para vender, hacer encuestas, anunciar cambios u ofertas especiales, hacer citas, etc.

Al crear un Centro de Atención Telefónica es importante considerar los siguientes elementos para mantener la operación del mismo de manera eficiente:

- ❖ **Inversión en Tecnología:** Sus componentes incluyen distintos servicios de líneas telefónicas, planta telefónica con variadas funcionalidades, equipo de audio-respuesta, elementos de comunicación e integración, software de scripting (guiones), base de datos, herramientas de gestión y control. Se requiere de una importante inversión inicial para montar un CAT avanzado y otro tanto para mantenerlo en operación y actualizado.

Gastos en Personal: se requiere contar con la experiencia de un buen equipo de ventas o asistencia técnica, un proceso de selección de personal muy exigente, capacitación constante en el tiempo, desarrollar planes de incentivo y motivación.

- ❖ **Evitar que la información de los clientes esté dispersa en distintos sistemas,** para ello será necesario hacer un levantamiento de la misma, agruparla según un objetivo y diseñar su estructura para almacenarla en una Base de Datos, actualizarla e ir incorporando nuevos atributos a objeto de enriquecer su contenido son todos temas que deben abordarse para poder diseñar campañas bien enfocadas.
- ❖ **Planeación de Diseño de Campañas:** desarrollar el soporte comercial y operativo a los distintos productos de Telemarketing. Se requiere tener un buen conocimiento del producto y/o servicio a ofrecer, determinar el segmento de mercado que estará más interesado, estructurar una oferta atractiva, el diseño de una estrategia de comunicación, manejo de objeciones, información y apoyo para que el agente telefónico tenga la oportunidad de poder desarrollar su gestión en forma exitosa. Durante la ejecución de la campaña toma importancia la evolución en tiempo real de las variables relevantes a objeto de hacer correcciones de ser necesario.

1.2 Importancia de los centros de atención telefónica en el desarrollo actual de las empresas

En la actualidad un Centro de Atención Telefónica se ha convertido en el principal medio de contacto de las empresas con los clientes. Con la creciente competencia en todos los sectores, se ha vuelto crítico para las empresas conservar a sus clientes existentes, así como maximizar la relación con ellos, de esta manera para satisfacer las necesidades de los mismos, las empresas están empezando a utilizar diferentes medios de comunicación que incluyen: fax, correo electrónico, internet, correo directo y el teléfono.

Actualmente se busca desarrollar estrategias menos costosas de comunicación, una de ellas es establecer centros de atención telefónica, estos centros permiten a las empresas seguir la pista de quién compra, qué productos y por qué, proporcionan de manera rápida el comportamiento de compra aún antes de que el cliente se comunique utilizando información almacenada en bases de datos, de esta manera el representante de ventas telefónicas podrá sugerir al cliente nuevos productos y así adelantarse a la competencia, este tipo de conocimiento permite que las estrategias de productos, servicios y precios estén a la medida de los clientes.

El desarrollo de los centros telefónicos ha ocasionado cambios en la forma de percibir a las empresas, ahora los clientes esperan y en algunos casos demandan acceso telefónico a los servicios que utilizan, debido a ello es importante que las empresas entiendan cual es su misión para enfocar sus estrategias de negocio. De acuerdo a Jon Anton en su libro "CallCenter Management By the Numbers" el 50% de la administración de un CAT consiste en asegurar que las llamadas sean respondidas de manera profesional y en tiempo, mientras que el otro 50% es identificar las necesidades del cliente y como satisfacerlas.

Es importante enfocar la estrategia de negocios teniendo en cuenta lo que los clientes esperan de un CAT, para ello enlistaremos algunos elementos que se considera son importantes para decir que una llamada telefónica fue atendida de manera satisfactoria:

- ⌘ El cliente no debe escuchar un tono de ocupado.
- ⌘ El cliente no debe estar en espera por mucho tiempo.
- ⌘ La llamada debe ser respondida sin tiempo de espera y sin transferencia.
- ⌘ Las respuestas deben ser exactas de acuerdo a lo que el cliente manifiesta.
- ⌘ El cliente se debe sentir en confianza con quien lo atiende.
- ⌘ El cliente no debe sentir que es necesario revisar, verificar o repetir la llamada.
- ⌘ El agente telefónico se debe sentir satisfecho con su trabajo para que atienda de manera profesional.

Esto llevará a desarrollar un CAT de manera efectiva enfocándose a una constante reingeniería hacia las llamadas de los clientes para incrementar la satisfacción de los mismos, en pocas palabras se deben enfocar los esfuerzos hacia las expectativas de los clientes para determinar la estrategia de negocios más adecuada.

En general se puede decir que los clientes que llaman a un CAT esperan una atención similar y hasta cierto punto predecible no importando el tipo de producto o servicio al cual deseen acceder, algunos de los requerimientos de atención que solicitan son los siguientes:

- ⌘ Accesibilidad.
- ⌘ Trato cortés.
- ⌘ Respuesta rápida hacia lo que él necesita y quiere.
- ⌘ No tratar con agentes no capacitados.
- ⌘ Ser bien atendido a la primera llamada.
- ⌘ Que se le cumpla lo prometido.
- ⌘ Honestidad y ética.

Otro aspecto importante que influye en la administración eficiente de un CAT son las personas que lo administran. La dirección debe combinar diversas habilidades de profesionales enfocados a distintas ramas de la tecnología, telecomunicaciones, recursos humanos, finanzas y estadística, por nombrar sólo algunas de éstas.

A continuación se nombrarán algunas de las principales características y atributos que deben desarrollar las personas que administran un CAT para hacerlo de manera eficiente:

- † Entender que la misión de éste debe estar ligada a la misión de la empresa a la que presta sus servicios.
- † Aprender que la estrategia de negocios particular debe estar incluida en la estrategia de negocios de la compañía.
- † Entender las llamadas como un total, interrelacionado e integrado a los procesos del CAT.
- † Entender que la administración requiere un rápido acceso a estadísticas internas y externas específicas.
- † Enfatizar la calidad del servicio sobre la cantidad de servicio.
- † Contar con pronósticos confiables, ya que auxilian en la toma de decisiones.
- † Reconocer el valor de la capacitación buscando el desarrollo constante del personal.
- † Conocer y entender las mediciones estadísticas clave para analizar el mejoramiento de los procesos de administración.
- † Estar dispuesto a experimentar, mejorar e incluso a reestructurar cada proceso.
- † Tomar la iniciativa en coordinación con otros departamentos para buscar la mejora continua en los procesos de atención y servicio.
- † Realizar investigaciones enfocadas hacia la detección de las necesidades del cliente.

Como se ha visto la importancia de un CAT radica principalmente en entender las necesidades de la empresa a la que presta sus servicios y de los clientes a los que les brindará atención, contando con el personal necesario para la administración eficiente

del mismo y buscando un desarrollo constante que lo lleve a colocarse como una empresa líder en su ramo.

1.3 Clasificación de los centros de atención telefónica

Los centros de atención telefónica pueden ser de Entrada (Inbound) o Salida (Outbound), Propio o en Outsourcing (contratado con otra empresa). A continuación se definirán las principales características de estos.

El objetivo de un *CAT de Entrada* es la atención de llamadas entrantes (el cliente establece la comunicación) que debe estar dirigido a una excelente calidad de servicio, voz, formato de la comunicación, entrega de información, capacidad de resolución y agilidad en la respuesta.

Es importante tener en cuenta que cada llamada permite capturar información y datos del cliente, así como generar a través de un buen servicio grados de fidelidad crecientes, lo que es conocido como Administración de la Relación con los clientes (CRM por sus siglas en inglés, *Customer Relationship Management*). El CRM generalmente está asociado con software de bases de datos, pero conceptualmente incluye personas, procesos y herramientas destinadas a grabar la historia y la experiencia, así como los patrones y preferencias que tiene un cliente con la empresa, cuya meta es conocerlo mejor y tener la inteligencia para definir estrategias efectivas y enfocadas a conseguir su lealtad.

Entre los principales servicios prestados a través de un CAT de entrada están:

- t Toma de Pedidos (venta por catálogo).
- t Mesa de Operadoras (atención al Consumidor/Cliente).
- t Mesa de Atención de Reclamos y/o Sugerencias.
- t Atención de Concursos y/o Promociones.
- t Atención de Servicios de Post Venta.

- ⌘ Enriquecimiento y/o actualización de Base de Datos.
- ⌘ Inscripciones a Cursos y/o Seminarios.
- ⌘ Citas (Hospitalarias, Médicas, Profesionales, etc.).
- ⌘ Recaudación de Fondos (Donaciones).
- ⌘ Información General.
- ⌘ Venta Directa.

La estrategia de un *CAT de Salida* es realizar llamadas a los clientes buscando optimizar resultados, obteniendo una alta productividad de contactos telefónicos, siempre a bajo costo.

Es fundamental sorprender al Cliente, pero sin perturbarlo, ya que con una simple llamada telefónica se pueden obtener excelentes resultados en posicionamiento de marca e imagen. Para realizar cualquier tipo de acción debemos conocer al cliente, por lo tanto sería imperativo para esto realizar una estructuración y actualización de base de datos, que permitirá calificar a los clientes y llamarlos conociendo sus necesidades y expectativas.

Es importante que la persona al otro lado de la línea telefónica sienta en todo momento que se está pensando en como atenderlo mejor a través de una comunicación asertiva y empática, por medio de una oferta especial, un producto y/o servicio a su medida.

Entre los principales servicios prestados a través de un CAT de salida están:

- ⌘ Ofertas y promociones.
- ⌘ Invitaciones a Cursos y/o Seminarios, etc.
- ⌘ Generación de Entrevistas.
- ⌘ Imagen y Posicionamiento.
- ⌘ Hábitos y Actitudes del Público.
- ⌘ Encuestas (Productos, Satisfacción, Sondeo de Opinión, etc.).
- ⌘ Estudios de Mercado.

En los inicios, las empresas desarrollaron sus propias plataformas de Telemarketing a objeto de cubrir sus necesidades. Sin embargo el continuo desarrollo tecnológico en los equipos y los altos niveles de inversión requeridos han permitido la aparición de empresas especializadas que ofrecen estos servicios a menor costo y mayor efectividad, a éstas se les conoce como un CAT Outsourcing.

La creación de un Centro de Atención de Llamadas implica cambios en los procesos a un centro especializado que provee servicios. Esta organización permite a las unidades de negocio redirigirse hacia tareas de mayor valor añadido como elaboración de estrategias de venta, estudios de mercado, planeación de productos, etc.

En los últimos años el mercado de los centros de atención telefónica se ha venido desarrollando en un 30 o 40%, dado este crecimiento es necesario contar con herramientas que permitan facilitar o adecuar los recursos en función de obtener una óptima operación del mismo.

Podemos citar a determinados sectores como los más adecuados actualmente de cara a la implantación de un Centro de Llamadas, por las características estructurales propias y de los usuarios de los mismos.

En este sentido sectores como Seguros, Administración Pública, Instituciones Financieras, Operadores de Telecomunicaciones, Distribución, Turismo y Ventas de Bienes o Servicios se encuentran entre los de mayor aplicabilidad de estos sistemas de atención a usuarios.

El futuro, al menos inmediato, viene marcado por unas fuertes tasas de crecimiento (ya se ha indicado del orden del 30% anual). La segunda característica será la integración de los CAT con Internet (Customer Contact Center). Esta integración permite, entre otras funciones, que el usuario pueda solicitar llamadas a través de la página Web, con solo hacer un clic en un botón de la Web. Se proporciona asistencia personalizada del Agente a los clientes que navegan por Internet. La petición de

asistencia se acompaña de voz o de Chat. El sistema permite al Agente y al usuario actuar al mismo tiempo a la vez que el Agente dispone del histórico de datos del usuario o cliente.

1.4 Componentes de un CAT

Los Centros de Atención Telefónica constituyen un fenómeno que está dando lugar a un cambio radical en la forma de operar de las empresas. Como se revisó en el punto anterior, los principales servicios que ofrece un Call Center se resumen en:

- ⌚ Atención al cliente mediante números 800.
- ⌚ Encuestas telefónicas (estudios de mercado, sondeos de opinión, calidad y satisfacción de clientes).
- ⌚ Seguimiento de acciones de mercadeo.
- ⌚ Creación y actualización de bases de datos.
- ⌚ Recepción de pedidos, etc.

Su actividad se ha desarrollado en los últimos años de forma exponencial, hasta llegar al punto en que se hace prácticamente imposible para cualquier empresa no plantearse seriamente ofrecer a sus clientes este servicio.

Lo que realmente hace a unos mejores que otros es la tecnología, hardware y software, pues determina qué es lo que se puede llegar a hacer con el CAT y define, en última instancia, toda una filosofía de trabajo dirigida a la satisfacción del cliente. No obstante no podemos olvidar un punto fundamental: necesitamos que las personas que hacen funcionar el centro sean las adecuadas.

En términos generales, los componentes de un Centro de Atención Telefónica se pueden enumerar de esta forma:

- ⌚ Agentes telefónicos.

- ⌚ Servidores y terminales individuales (puestos informatizados de atención telefónica).
- ⌚ Distribuidor automático de llamadas (ACD) y sistemas de conmutación de llamadas.
- ⌚ Sistema de grabación de llamadas.
- ⌚ Sistema de respuesta audible (IVR).
- ⌚ Software de integración telefónica / informática (CTI).
- ⌚ Software para el tratamiento de las llamadas entrantes y salientes.

Los *Agentes telefónicos* son las personas responsables de contestar las llamadas en un centro de atención telefónica, además de que deben tener la capacidad de asesorar y de atender cualquier inquietud de los clientes.

Se entiende como *terminales individuales* al espacio físico ergonómicamente diseñado para el agente telefónico, en el cual dará la atención telefónica al cliente, dicho espacio debe contar principalmente con un teléfono, una computadora habilitada con los sistemas necesarios para la atención al cliente, además del mobiliario requerido para su operación. La información generada por los sistemas utilizados en las terminales se concentrará en un servidor, el cual la almacenará y tendrá a disposición para su uso posterior de así requerirse.

Un ACD (por sus siglas en inglés, Automatic Call Distributor) que es un distribuidor automático de llamadas, permite distribuir la carga de trabajo de forma equitativa entre los agentes, siendo de vital importancia en aquellas empresas que tienen un gran volumen de llamadas entrantes (aseguradoras, telecomunicaciones, entidades financieras, agencias de viajes, etc.). El ACD recibe llamadas y las transfiere al agente para su tratamiento, permitiendo:

- ⌚ Atender el máximo de llamadas.
- ⌚ Gestionar las colas de espera.
- ⌚ Minimizar el número de llamadas abandonadas.
- ⌚ Eliminar las sobrecargas en los agentes.

- † Facilitar una supervisión en tiempo real y con datos reales sobre la gestión del centro.
- † Optimizar los tiempos de espera.

Como *sistemas de conmutación de llamadas* podemos mencionar los siguientes:

- † PBX (por sus siglas en inglés, Private Branch Exchange). Es un concentrador y distribuidor de llamadas que establece la interconexión entre los usuarios, amplía la capacidad en la administración y tiene la posibilidad de expandirse para recibir más llamadas.
- † ANI (por sus siglas en inglés, Automatic Number Identification). Es un servicio ofrecido por la red telefónica digital que informa al agente que recibe la llamada, el número telefónico de quien llama. Esta información es importante para un Centro de Llamadas, ya que permite identificar además del usuario la procedencia geográfica de la misma. De esta manera con ambas identificaciones podemos: Obtener datos relativos al usuario, antes de atender su llamada, dirigir la llamada al agente más cercano geográficamente y encauzar las llamadas hacia agentes con mayor disponibilidad.
- † VRU (por sus siglas en inglés, Voice Response Units). La unidad de audio respuesta es un operador virtual que permite al usuario, mediante el teléfono, interactuar con los sistemas de una Compañía a la que llama. Las unidades de audio complementan eficazmente la labor de los agentes, sobre todo en horas o fechas de mayor tráfico y prolongan la atención 24 horas al día durante todo el año incluidos días festivos.

Como *sistema de grabación de llamadas* se entiende a aquellos que permiten guardar la conversación telefónica con el cliente con fines de calidad, mejoramiento de servicio y comprobación de venta. Dichos sistemas permiten archivar y reproducir llamadas telefónicas, buscar llamadas y clasificarlas por fecha, usuario y tema.

El *IVR* (por sus siglas en inglés, Interactive Voice Response) es un sistema de reconocimiento de voz que transmite mensajes que han sido previamente almacenados,

automatiza en muchos casos la atención al cliente e incluso mantiene la intimidad del usuario que llama. El tratamiento de voz permite que menos agentes ofrezcan una mejor calidad de servicio.

Un *CTI* (por sus siglas en inglés *Computer Telephony Integration*) es la integración de teléfono y computadora, que son dos herramientas básicas en la mesa de trabajo y con escasa interacción hasta ahora, comenzó a desarrollarse, aproximadamente, a principio de los noventa. En esta tecnología se soportan tareas tales como: direccionamiento de llamadas, lanzamiento de aplicaciones como resultado de una llamada, integración de sistemas IVR, marcación de llamadas, registro de informes de actividad, supervisión de la gestión de los centros, etc.

El *Software para el tratamiento de las llamadas entrantes y salientes* son programas diseñados, de manera interna o externa, específicamente para cubrir los requerimientos de operación e información solicitados por la unidad de negocios responsable del producto que se está comercializando. Así mismo, dicho software almacenará toda la información del cliente que servirá para la elaboración de reportes estadísticos que permitan medir la efectividad de la campaña y con base en ello auxiliar en la toma de decisiones de la unidad de negocios.

Hasta el momento hemos descrito los principales componentes que conforman en general un CAT, variando muy poco de uno a otro. Sólo queda por definir los principales términos que se utilizan en la mayoría de los Centros de Atención Telefónica y que nos servirán para entender mejor su funcionamiento.

En el siguiente punto, centraremos la atención en definiciones que tienen que ver con un Centro de Atención Telefónica de Entrada, ya que el desarrollo de la investigación pretende realizar una simulación de la operación de un centro de este tipo.

1.5 Glosario de términos

Una vez que se conocen los componentes más importantes de un CAT, es necesario familiarizarse con los términos más comunes que se utilizan en él. A continuación se explicaran brevemente dichos términos:

Campaña: Es el procedimiento, organización e implementación de mecanismos mercadológicos para la comercialización de un producto y/o servicio.

Argumentario: Es una herramienta al servicio de la organización, en el que se recogen a modo de enunciados simples o de preguntas y respuestas cortas, siempre de forma comprensible, concreta y clara, las respuestas a las principales críticas u objeciones que presenta el cliente y a las que la organización debe hacer frente, así como los principales argumentos que puede esgrimir a su favor. Un argumentario es un instrumento de comunicación de uso interno, en permanente elaboración, por lo que debe ser considerado más como un proceso que como un producto terminado.

Script: Son diálogos preescritos que ayudan al agente a hacer más productiva su conversación con el cliente. La calidad de los scripts tiene un impacto directo en los resultados de una campaña, y deben mejorarse continuamente con base en la experiencia recogida por los agentes.

Horario de Campaña: Es el periodo de tiempo que la unidad de negocios solicita que se atienda una campaña.

Unidad de Negocios: Se denomina así a las personas que contrataron el servicio de CAT para brindar atención personalizada a sus clientes.

Staff: Es el número total de operadores que en tiempo presente prestan su servicio en determinada campaña.

Llamadas Recibidas: Es la cantidad de llamadas que ingresaron al CAT y que no necesariamente fueron atendidas por un agente telefónico.

Llamadas Atendidas: Es la cantidad de llamadas que efectivamente fueron atendidas por alguno de los operadores (también definido como llamadas contestadas).

Llamadas Efectivas: Son aquellas llamadas que el cliente realiza y en las que muestra interés por algún producto o servicio, éstas son el resultado de las llamadas atendidas menos las llamadas transferidas.

Llamadas Transferidas: Son las llamadas que fueron enviadas a otra campaña a través del operador, debido a que la necesidad del cliente no tenía que ver con la campaña a la que llamó.

Llamadas Abandonadas: Es el número de llamadas en las que el cliente colgó antes de ser atendido por un agente.

Tiempo Promedio de Llamada: Es el tiempo promedio de duración de las llamadas atendidas por operador.

Tiempo Promedio de Respuesta: Es el tiempo que demoran los operadores en atender las llamadas entrantes, también llamado ASA (por sus siglas en Inglés *Average Speed of Answer*).

Tiempo Promedio de Abandono: Es el tiempo que tarda un cliente en colgar una llamada antes de recibir respuesta.

Cantidad Promedio de Operadores: Es la cantidad de operadores firmados o disponibles para atender llamadas de cierta campaña, también se le conoce como staff promedio.

Número de Llamadas Atendidas por Operador: Es el número de llamadas en promedio que atiende cada operador durante la jornada, éste puede servir para comparar el nivel de atención que brinda cada uno de los agentes.

Tiempo no Disponible: Es el tiempo que el operador se encuentra inhabilitado para atender llamadas. Este tiempo es auto administrado por el operador. Hay sistemas

en los cuales se definen distintos tipos de estados de No Disponible, según sea la tarea que va a realizarse.

Tiempo Staff: Es el tiempo total que un operador se encuentra firmado al teléfono, es decir, es el periodo de tiempo que el agente telefónico está presente en una campaña a lo largo del día.

Tiempo en Hold: Es el tiempo en que se deja en espera a los clientes una vez que han sido atendidos. Es el tiempo que el operador utiliza durante la conversación, para realizar consultas en bases de datos, realizar pruebas o consultar información nueva.

Ausentismo: Es el número de agentes que no se presentaron a su jornada de trabajo.

Para entender el funcionamiento de un CAT es importante familiarizarse con los términos antes definidos, así como será también necesario conocer como se mide la productividad o efectividad del mismo, para ello se debe explicar la manera en la que son medidos los indicadores de productividad, a lo cual nos avocaremos en el siguiente punto.

1.6 Principales indicadores en un CAT

Los indicadores en un Centro de Atención Telefónica sirven principalmente para determinar que tan productivo es éste o una campaña en específico, sirven también para ayudar en la toma de decisiones, ya que son un parámetro válido para detectar desviaciones tanto a favor como en contra, con lo cual se pueden hacer modificaciones sobre los elementos que componen la campaña como son: staff, argumentarios de venta o soporte, script, etc. A continuación se definen los principales:

Porcentaje de Abandono: El abandono de llamadas por parte de los clientes es un problema importante. Si los clientes cuelgan el teléfono antes de poder hablar con

ellos, se pierde la oportunidad de concretar una venta o de resolver su problema con el servicio. Sin embargo, el abandono de llamadas es difícil de predecir y a menudo, es una indicación errónea de cuanto tuvieron que esperar los clientes. En última instancia, nosotros podemos controlar cuán accesible somos, cuántas troncales tenemos y cuántos agentes experimentados están disponibles, pero no podemos controlar la reacción del cliente o la infinidad de circunstancias que influyen en su comportamiento.

El porcentaje de abandono nos servirá para determinar horas pico, en las que la afluencia de llamadas se incrementa, y mejorar la distribución de nuestro staff con relación a él, este porcentaje puede ser utilizado junto con el tiempo promedio de llamada para una mejor interpretación de resultados. Porcentaje de abandono es el resultado de dividir el número de llamadas abandonadas mayores a 10 segundos en el tiempo promedio de abandono entre las llamadas totales recibidas en la campaña, y se obtiene a través de la fórmula 1.1.

$$PA = \frac{Tla}{Tlr} \quad (\text{Fórmula 1.1})$$

donde

Tla: Total de llamadas abandonadas después de 10" de espera

Tlr: Total de llamadas recibidas

Aunque la tendencia siempre debe ser mantener en cero por ciento este porcentaje, se considera como óptimo tenerlo por debajo del 5%, esto se toma como norma internacional y el factor está determinado principalmente en función de la velocidad de respuesta (ASA), el tiempo promedio de llamada y la distribución de llamadas por operador.

Porcentaje de Ventas o Efectividad: Para medir que tan productiva está siendo alguna campaña en la cual se ofrece algún producto o servicio se deben considerar las ventas que se generan de este mismo, dichas ventas se comparan contra el número de

llamadas que los clientes realizaron y en la cual mostró interés por algún servicio, éstas se conocen como llamadas efectivas.

El porcentaje de productividad será entonces el resultado de las ventas entre las llamadas efectivas, con dicho resultado se puede determinar si una campaña está dando los resultados esperados de ventas con relación a llamadas o si se está convirtiendo en una campaña de información o atención a cliente.

Tiempo Efectivo de Operación: El tiempo efectivo de operación es el resultado de dividir el total del tiempo staff de un operador menos el tiempo no disponible entre su jornada laboral menos su tiempo en descanso.

El resultado de este cálculo es de gran utilidad ya que nos permite saber que porcentaje de tiempo se está trabajando realmente una campaña, identificando la excesiva aparición de tiempos muertos que trae como consecuencia incrementos en el porcentaje de abandono y disminución de la efectividad de la campaña.

Nivel de Servicio: El nivel de servicio es definido como el porcentaje de llamadas respondidas con respecto al total de éstas, dentro de un período de tiempo (medido en segundos), es decir, mide el servicio que le estamos ofreciendo a nuestros clientes con relación al tiempo que esperan para ser atendidos, en entornos de alta automatización se dice que el nivel de servicio es de 80/20; es decir que el Call Center ha atendido un 80% del total de las llamadas dentro de los 20 segundos.

Al igual que el porcentaje de abandono, existen parámetros internacionales para medirlo, se define que las llamadas no deberían superar los 180 segundos de espera promedio antes de ser atendidas y esta cantidad de llamadas debe alcanzar como mínimo el 95% sobre el total de las recibidas. El nivel de servicio es afectado por tres variables las cuales son: el tiempo promedio de la llamada, el volumen de llamadas y el número de agentes.

Como se podrá advertir, si el volumen de llamadas se incrementa pero el número de agentes y el tiempo promedio de la llamada permanece inalterado, entonces el nivel de servicio se verá afectado. Además, si nuevos servicios son agregados o si el volumen de llamadas es estacional, los picos en los volúmenes de llamadas deberán ser gestionados con el número de agentes apropiado. Deberá entonces predecirse las necesidades de agentes basándose en la información histórica de llamadas para no perturbar el nivel de servicio. El nivel de servicio se calcula de la siguiente manera:

$$NS = \frac{Tle}{Tlo - Tla} \quad (\text{Fórmula 1.2})$$

donde:

Tle: Total de llamadas entrantes atendidas antes de 180" de espera

Tlo: Total de llamadas ofrecidas

Tla: Total de llamadas abandonadas antes de los 10" de espera

Porcentaje de Ausentismo: Este porcentaje nos sirve para indicar cuánta gente del total de la plantilla no está asistiendo a laborar por motivos ajenos a su día de descanso o vacaciones.

El porcentaje de ausentismo es el resultado de dividir el ausentismo entre la plantilla a laborar, es decir quitando los agentes que tienen vacaciones o días de descanso.

Es importante conocer el porcentaje de ausentismo ya que éste determina el volumen de llamadas que pueden ser atendidas con la cantidad de agentes que se encuentran laborando, un porcentaje de ausentismo alto impacta directamente en el porcentaje de abandono y en la afluencia de llamadas, ya que un cliente que no fue atendido una primera vez, realizará tantas llamadas como sea necesario hasta ser atendido o hasta que pierda el interés, generando un cliente insatisfecho.

Porcentaje de Ocupación: Este porcentaje sirve para indicarnos cuantas posiciones están siendo ocupadas de la capacidad total del Call Center, se encuentra directamente relacionado con el nivel de servicio, ya que mientras el nivel de servicio nos puede decir o indicar un posible aumento en nuestro staff, el porcentaje de ocupación nos dice si este incremento es factible de acuerdo al total de posiciones que no están siendo ocupadas, así mismo, al analizar este porcentaje junto con el porcentaje de ausentismo se puede determinar si el problema que se tiene es con el personal o es falta de staff contratado.

La importancia de conocer este porcentaje radica, básicamente, en que con éste se pueden tomar decisiones sobre incremento de posiciones, incremento de plantilla, movimientos de personal y todo lo relacionado a staff, siempre apoyados con los dos indicadores mencionados anteriormente, nivel de servicio y porcentaje de ausentismo.

1.7 Conclusiones

Como hemos mencionado a lo largo de este capítulo, la importancia actual de un Centro de Atención Telefónica radica principalmente en las necesidades de una empresa por ofrecer una mejor atención y servicio a sus clientes, intentando volverse con ello más competitivos dentro del mercado en el que se desenvuelven y entendiendo que el principal objetivo, como empresas prestadoras de servicios, es satisfacer a sus clientes. El desarrollo de servicios, como CRM cuyo objetivo es ofrecer una atención integral, se da al surgir el interés de querer conocer y administrar la información más relevante de todos y cada uno de los clientes, llevando un historial de todos los contactos con ellos, lo que permitirá detectar sus principales intereses y necesidades al momento de efectuar una llamada.

Ha sido nuestra intención en este capítulo familiarizarnos con los términos más comunes que se manejan diariamente en un Centro de Atención de Llamadas, así como dar a conocer un panorama general del funcionamiento del mismo y el futuro que pueden tener las empresas al contar con centros de este tipo.

Capítulo 2. Series de Tiempo y Pronóstico de Llamadas en un Centro de Atención Telefónica

Objetivo: Conocer los conceptos básicos de series de tiempo y sus características principales, así como desarrollar la metodología de Box-Jenkins, para realizar el pronóstico de llamadas de entrada, que nos permitirá simular la operación de un Centro de Atención Telefónica

2.1 Pronósticos

La planeación es un aspecto esencial en la administración de cualquier empresa, ya que su éxito, se relaciona con lo bien que la administración puede anticipar el futuro y desarrollar estrategias adecuadas. Por ejemplo, el buen juicio, la intuición y la percepción del estado de la economía pueden darnos una buena idea de lo que probablemente ocurrirá en el futuro, sin embargo, es difícil convertir esa sensación en números que se puedan usar, como los volúmenes de ventas en el próximo trimestre, costo de materias primas el año venidero o número de llamadas que recibirá un operador telefónico.

Es a partir de esta atmósfera de incertidumbre que surge la necesidad de pronosticar, ya que se deben tomar decisiones que afectan el futuro de la organización. El pronóstico es una técnica que ayuda a predecir el futuro y debido a que éste no es determinístico, es necesario explicar técnicas, situaciones, problemas o recomendaciones sobre dicho tema. En principio hablaremos de los métodos de pronóstico, los cuales se clasifican en cuantitativos o cualitativos.

Las técnicas de pronóstico cuantitativas se utilizan cuando existen suficientes datos históricos disponibles y cuando se juzga que estos datos son representativos de un futuro desconocido. Esta apreciación es un paso importante en el proceso de pronóstico, ya que las técnicas cuantitativas se apoyan en la suposición de que el

pasado puede extenderse hacia el futuro de manera significativa para proporcionar pronósticos precisos. Estas técnicas cuantitativas pueden clasificarse en dos categorías: estadísticas o de serie de tiempo y determinísticas o causales.

Las técnicas estadísticas de pronóstico están basadas en patrones que sufren cambios o perturbaciones causadas por influencias aleatorias, dentro de ellas se encuentran principalmente técnicas como los promedios móviles, la atenuación exponencial, descomposición de series de tiempo y la metodología Box-Jenkins.

Las técnicas determinísticas comprenden la identificación y determinación de relaciones entre la variable por pronosticar y otras variables de influencia, es decir, se basan en el supuesto de que la variable a pronosticar tiene relación de causa y efecto con una o más variables. Dentro de estos métodos está el análisis de regresión, el cual realiza la búsqueda de una ecuación que indique como se relacionan una o más variables. Una vez obtenida dicha ecuación se sustituirá el valor de la variable independiente actual para calcular la predicción para dicho periodo de la variable dependiente.

Los métodos de pronóstico cualitativos, por lo general, requieren de la opinión de un experto para desarrollar los pronósticos y se utilizan cuando no se tiene una serie histórica, por ejemplo en el desarrollo de un nuevo proyecto. Una ventaja de los procedimientos cualitativos es que se pueden aplicar cuando no es posible cuantificar la información sobre la variable que se pronostica, y cuando los datos históricos no están disponibles o no son aplicables.

Estos métodos pueden clasificarse en exploratorios o normativos. Los exploratorios parten de un diagnóstico del presente y pretenden proyectar lo que será el futuro; los normativos parten de un futuro y de él derivan las tecnologías, acciones, programas, estrategias, etc., que moverán el presente a este escenario idealizado. Los métodos exploratorios explican que pasará, los normativos lo que hay que hacer para alcanzar un futuro propuesto. Dentro de estos métodos se encuentran principalmente:

- ↳ Curvas logísticas y de aprendizaje.
- ↳ Método Delphi.
- ↳ Método de investigación morfológica.

Independiente de su clasificación, los pasos que comprende el proceso de pronóstico son los siguientes:

1. Recopilación de datos. Este paso sugiere la importancia de obtener los datos adecuados y asegurarse que son correctos.
2. Reducción o condensación de datos. La reducción de datos con frecuencia es necesaria, ya que en el proceso de pronóstico es posible tener muchos o muy pocos datos y algunos pueden no ser pertinentes al problema.
3. Construcción del modelo. Este paso implica el ajustar los datos reunidos en un modelo de pronóstico que sea el adecuado para minimizar el error en él mismo. Entre más sencillo sea el modelo, será mejor para lograr la aceptación del proceso por parte de los administradores de la empresa.
4. Extrapolación del modelo (Pronóstico). Este paso es en sí el pronóstico deseado, lo cual ocurre una vez que se recolectaron y tal vez redujeron los datos y que se seleccionó un modelo de pronóstico adecuado. Es común que se revise la precisión de dicho pronóstico mediante el pronóstico de periodos recientes de los que se conocen los valores históricos reales, es entonces cuando se observan los errores de pronóstico y se resumen de algún modo.

Para seleccionar el método de pronóstico se debe tomar en cuenta el nivel de detalle que se desea obtener de los resultados, es decir, que tan específico o general se desea, si es a corto, mediano o largo plazo, e incluso si este proceso se realizará de manera recurrente.

La consideración primordial en la selección de un método de pronóstico es que los resultados deben facilitar el proceso de toma de decisiones de los administradores. Por lo tanto el requerimiento esencial no es que el método de pronóstico comprenda un proceso matemático complicado o que sea lo último en complejidad, en vez de ello, el

método elegido deberá producir un pronóstico que sea preciso y comprensible para los administradores.

En nuestro caso de estudio, el objetivo es pronosticar la afluencia de llamadas en un Centro de Atención Telefónica, para ello contamos con el histórico de llamadas. Debido a que dichos datos no presentan dependencia con alguna otra variable como para pensar en un método causal, tomando en cuenta que el histórico de llamadas es una serie de tiempo y sabiendo que las técnicas de pronóstico cuantitativas se utilizan cuando existen suficientes datos históricos disponibles utilizaremos los métodos de series de tiempo para realizar el pronóstico de llamadas.

En el siguiente punto se hablará más a fondo sobre las características de las series de tiempo.

2.2 Características de series de tiempo

Como se mencionó en el punto anterior, si la información histórica con la que se cuenta se limita a valores pasados de la variable, el procedimiento de pronóstico se llama método de *Serie de Tiempo o Técnica Estadística de Pronóstico*. El objetivo de este método es descubrir el comportamiento en los datos históricos con el fin de extrapolarlo en el futuro, así, el pronóstico sólo se basa en valores pasados de la variable y/o en errores pasados de predicción. Algunos de estos métodos son:

- † Promedios Móviles.
- † Atenuación Exponencial.
- † Descomposición de Series de Tiempo.
- † Proyecciones de Tendencia.
- † Metodología de Box-Jenkins.

Los métodos de series de tiempo emplean básicamente dos enfoques, uno se basa en la suposición de que los datos se pueden descomponer en componentes como

tendencia, ciclo, estacionalidad e irregularidad; realizando después una predicción mediante la combinación de proyecciones de cada uno de estos componentes individuales

El segundo enfoque se asocia con las metodologías de modelos econométricos de series de tiempo y de Box-Jenkins, los fundamentos teóricos se basan principalmente en conceptos estadísticos y no se supone que los datos estén representados por componentes separados.

Una serie de tiempo consta de datos que se reúnen, registran u observan sobre incrementos sucesivos de tiempo, generalmente a intervalos iguales. Dos factores son importantes en los modelos de series de tiempo: la serie de datos a ser pronosticada y el periodo de tiempo a ser usado. Un modelo de series de tiempo asume siempre que algunos patrones o combinación de patrones son recurrentes o se repiten a través del tiempo, si se identifican y extrapolan dichos patrones se pueden desarrollar los pronósticos para periodos de tiempo subsecuentes.

Las series de tiempo consisten de datos numéricos, por lo cual es natural hacer uso de herramientas estadísticas para describirlas y analizarlas, así como ocurre con cualquier otro conjunto de información numérica. La estadística utiliza dos enfoques básicos:

- † El descriptivo, que se ocupa esencialmente de resumir y describir en forma concisa, ya sea mediante gráficas o a través de unas cuantas mediciones descriptivas la información con que se cuenta.
- † El inferencial cuyo objetivo fundamental es el de utilizar muestras representativas para realizar inferencias que sean válidas para toda una población de donde se obtuvo la muestra.

Dentro de los elementos descriptivos de una serie de tiempo se encuentran, las gráficas y las mediciones descriptivas, y posiblemente el orden en que se mencionó a estos elementos representan su orden de importancia, ya que es primordial construir

gráficas antes de llevar a cabo cualquier tipo de cálculo, aunque tan sólo sea para verificar visualmente la congruencia de los datos.

Por su parte, los elementos de inferencia de la estadística son aquellos que se utilizan para responder preguntas acerca de toda una población o universo, con base en un conjunto de datos muestrales. En el estudio de series de tiempo, la población sobre la cual se desea inferir, depende fundamentalmente del tipo de análisis y/o modelo que se emplee.

Por consiguiente, conviene mencionar que el análisis de una serie de tiempo dada, puede ser realizado de maneras distintas; por ejemplo, uno de los métodos de análisis considerado como clásico es el conocido como el de descomposición de series, el cual presupone que la serie de tiempo está formada por un componente de tendencia o ciclo, que representa el movimiento a largo plazo de la serie, otro componente de estacionalidad, cuya utilidad es la de representar básicamente a los efectos producidos por fenómenos que se repiten cada año con cierta constancia y un componente más de irregularidad que sirve para caracterizar los movimientos imprevisibles y considerados como aleatorios.

Si bien el comportamiento de cualquier serie de tiempo puede observarse gráficamente, no en todos los casos es posible distinguir las particularidades que cada una puede contener. Sin embargo la experiencia basada en muchos ejemplos de series de tiempo ha revelado que existen ciertos movimientos o variaciones características que pueden medirse y observarse por separado. Estos movimientos, llamados a menudo componentes de una serie de tiempo y que se supone son causados por distintos fenómenos, son los siguientes:

- 1 Tendencia. Se refieren a la dirección general a la que una serie de tiempo parece dirigirse en un intervalo grande de tiempo. Es decir, contienen los movimientos suaves de largo plazo, los cuales están dominados fundamentalmente por factores de tipo económico como inflación, incremento de productividad o incluso por cambios en la población o cambios tecnológicos.

- ⌈ Ciclicidad. Se refiere a las oscilaciones de larga duración alrededor de la curva de tendencia, las cuales pueden o no ser periódicas, es decir, pueden o no seguir caminos análogos en intervalos de tiempo iguales. Se caracterizan por tener lapsos de expansión y contracción. En general, los movimientos se consideran cíclicos solo si se producen en un intervalo de tiempo superior al año.
- ⌈ Estacionalidad. Se refiere a las fluctuaciones periódicas que se observan en series de tiempo cuya frecuencia es menor a un año (trimestral, mensual, diaria, etc.), aproximadamente en las mismas fechas y casi con la misma intensidad. Las variaciones estacionales, como veremos, responden fundamentalmente a factores relacionados al clima, lo institucional o las expectativas.
- ⌈ Aleatoriedad. Se refiere a movimientos esporádicos o de corto plazo de las series de tiempo debido a sucesos que se producen de manera ocasional o imprevisible, tales como elecciones, huelgas, inundaciones, etc. Si bien pueden ser generados por factores de tipo económico, generalmente sus efectos producen variaciones que solo duran un corto intervalo de tiempo. Aunque debe reconocerse que en ocasiones sus efectos sobre el comportamiento de una serie pueden ser tan intensos que fácilmente podrían dar lugar a un nuevo ciclo o a otros movimientos.

Al analizar una serie de tiempo es necesario tener en consideración el comportamiento de cada uno de estos componentes. Para ello el criterio más lógico a seguir es aislarlos secuencialmente partiendo de la serie original para luego analizarlos de manera individual. Aún cuando esto supone la utilización de métodos estadísticos adecuados, en algunas ocasiones se puede decir que la mejor forma de apreciarlos es a través de su observación visual.

2.3 Recolección de datos para el pronóstico de llamadas

Una de las partes más complejas y que mayor tiempo ocupa en los pronósticos es la recolección de datos válidos y confiables. Un pronóstico no puede ser más preciso que los datos en los que se basa, es decir el modelo de pronóstico más complejo fallará si se aplica a datos no confiables. Es por ello que en este punto mencionaremos las características principales para obtener datos confiables y así mismo se justificará la obtención de los datos para el pronóstico de llamadas en un CAT.

En la actualidad el uso de herramientas tecnológicas ha sido de gran ayuda para generar una increíble acumulación de información sobre diversos temas, sin embargo, las personas que se dedican a realizar pronósticos enfrentan una tarea difícil al buscar datos específicos que ayuden a resolver sus problemas de toma de decisiones.

Para determinar si los datos serán útiles se pueden aplicar cuatro criterios:

1. Los datos deben ser confiables y precisos. Se debe tener un cuidado adecuado al recolectar los datos, estos deben venir de una fuente confiable y con la debida atención en su precisión.
2. Los datos deben ser pertinentes. Es decir, deben ser representativos de las circunstancias para las cuales serán utilizados.
3. Los datos deben ser consistentes. Cuando se modifican las definiciones relacionadas con la forma como se reúnen los datos, se deben hacer ajustes para mantener la consistencia en los patrones históricos.
4. Los datos deben ser periódicos. Los datos que se recolectan, resumen y publican con base en una periodicidad serán de gran valor para el pronosticador.

En general, hay dos tipos de datos de interés para el pronosticador. Los primeros son los datos que se reúnen en un solo punto en el tiempo, sea este una hora, un día, una semana, etc.. El objetivo consiste en examinar dichos datos y después extrapolarlos o extender las relaciones reveladas hacia una población mayor.

Los segundos, son muchos valores de datos de interés para una empresa que se recolectan cada día, mes, año, etc. En tales casos, se han reunido series de tiempo de datos. Como se ha visto las series de tiempo se analizan para descubrir patrones pasados de crecimiento y cambio que se pueden emplear para predecir patrones futuros junto con las necesidades para el funcionamiento de la empresa.

Las fuentes de datos se pueden clasificar en primarias y secundarias. Las fuentes primarias de datos comprenden todos los métodos de recolección de datos originales. Es común que este tipo de datos se reúna mediante procedimientos de muestreo, encuestas de panel o de un censo completo de elementos de interés. Las fuentes secundarias de datos comprenden datos ya publicados y recolectados con fines diferentes de los que el pronóstico de investigación específico necesita tener a la mano. Este tipo de datos se puede clasificar a su vez como provenientes de fuentes internas, originados dentro de la organización, o de fuentes externas generados fuera de ella.

La diferencia entre las fuentes primarias y secundarias de datos es significativa en el sentido de que es más probable que una fuente primaria contenga datos más completos y precisos de los que pudieran encontrarse en una fuente secundaria.

Nuestra necesidad de pronosticar se enfoca en el número de llamadas que recibiría el CAT de manera diaria y a partir de éste actualizar los datos de forma periódica para generar nuevos pronósticos, a fin de optimizar el personal requerido para la atención a los clientes por mes. Para ello contamos con información de una fuente primaria, es decir, contamos con el número de llamadas que se han recibido por día desde el 1 de enero de 2001 hasta el 31 de mayo del 2003. Debido a que tenemos los datos divididos para las campañas de Soporte y Ventas, el pronóstico se realizará de estas dos campañas. Considerando el rango de tiempo, el número de datos para cada campaña es de 881, debido a que la cantidad de información es grande, se presentan al final del trabajo en el Apéndice A.

Nuestros datos forman una serie de tiempo y al revisar los diversos métodos de pronóstico para datos de este tipo, tenemos que la metodología de Box-Jenkins es la

más completa, ya que permite manejar patrones de datos estacionarios, con tendencia, estacionales o cíclicos, por lo que en el siguiente punto nos enfocaremos a explicar y utilizar dicho método para el pronóstico de llamadas.

2.4 Metodología de Box-Jenkins

El método de Box-Jenkins de pronóstico asume que la serie de tiempo no sigue ningún patrón particular, utiliza un enfoque iterativo de identificación de un modelo adecuado a partir de modelos generales y el modelo elegido se compara contra datos históricos para determinar si describe la serie con precisión. Se dice que el modelo se ajusta bien si los residuos entre el modelo de pronóstico y los puntos de datos históricos son reducidos y distribuidos de manera aleatoria e independientes, si el modelo no es preciso se repite el proceso hasta encontrar el modelo satisfactorio.

El modelo clásico de Box-Jenkins describe una serie de tiempo estacionaria, por lo que primero debemos determinar si nuestra serie de datos lo es, de lo contrario debemos estabilizar la varianza, eliminar la tendencia y la variación estacional.

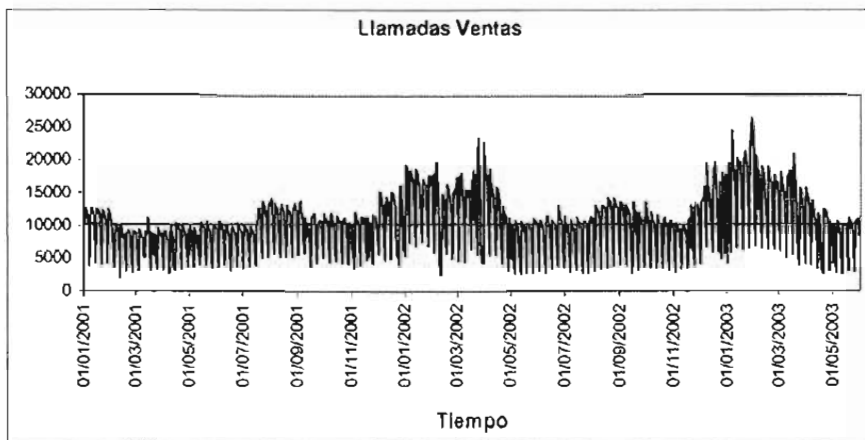
2.4.1 Análisis descriptivo de la serie

Un aspecto que es importante en el análisis preliminar de la serie es la estacionaridad que se observa en la serie original de los datos, es decir, si la media o varianza de los datos muestran una tendencia (generalmente creciente) se considera que los datos no son estacionarios y que por lo tanto se deben de hacer transformaciones para eliminarla, ya que si no se elimina puede causar problemas en el análisis posterior que lleva a cabo la metodología de Box-Jenkins.

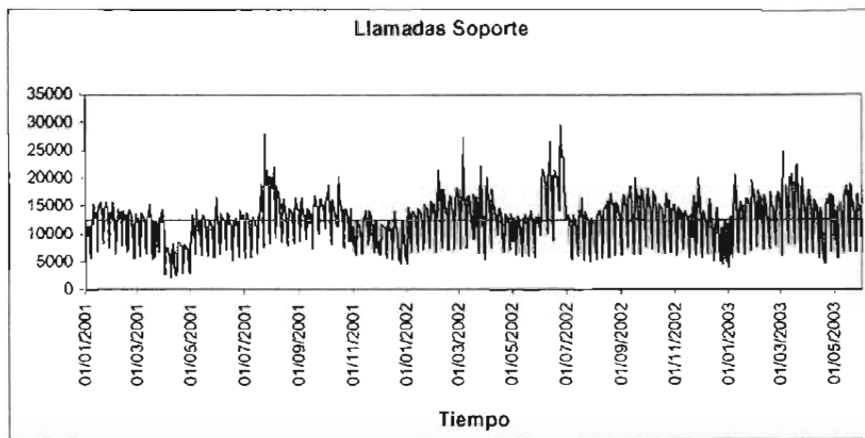
El análisis de la estacionaridad se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Graficar los datos disponibles contra el tiempo, con esto se visualiza la tendencia, heteroscedasticidad (varianza no constante), estacionalidad, discontinuidad y datos no concordantes.
2. Si la serie presenta varianza no constante se procede a estabilizarla. Se pueden hacer varias transformaciones posibles de manera que las curvas que presente la varianza se transformen en rectas, las transformaciones más utilizadas son las logarítmicas y las raíces cuadradas, pero pueden utilizarse otras de tipo exponencial, o incluso algunos paquetes de programación ya tienen incluidas algunas como en el caso de STATGRAPHICS la transformación de Box-Cox.
3. El siguiente paso es la eliminación de la tendencia. La tendencia se define como un patrón de comportamiento que siguen los datos de la serie en forma sistemática. Para eliminar la tendencia existen diferentes métodos entre los que se incluyen las diferencias ordinarias o el uso de un modelo de regresión, el objetivo principal de eliminar la tendencia no es olvidar que existe una tendencia, sino obtener una nueva serie que se pueda analizar más fácilmente y a la cual se le agregará después otra vez la tendencia que presentaba.
4. Por último se tratan las fluctuaciones estacionales. La estacionalidad son los ciclos que se repiten después de un determinado período de tiempo, al igual que con la tendencia existen varias formas de manejarla, la mayoría de ellos son métodos de "autoajuste" basados únicamente en información que contiene la serie. El método aquí utilizado es el de diferencias estacionales que es similar a las diferencias ordinarias, pero en este caso al aplicarlas se pierden "s" datos.

Como primer paso del análisis, revisaremos las gráficas de los datos para determinar cuales son las características que se observan en las series de tiempo de Ventas y Soporte Técnico, mostradas a continuación.

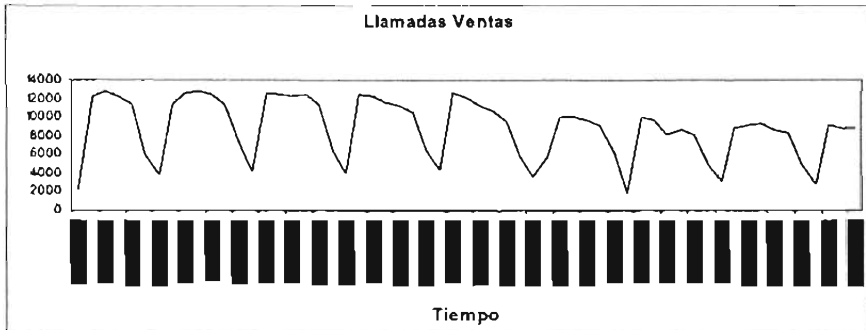


Gráfica 2.1 Serie original de Ventas

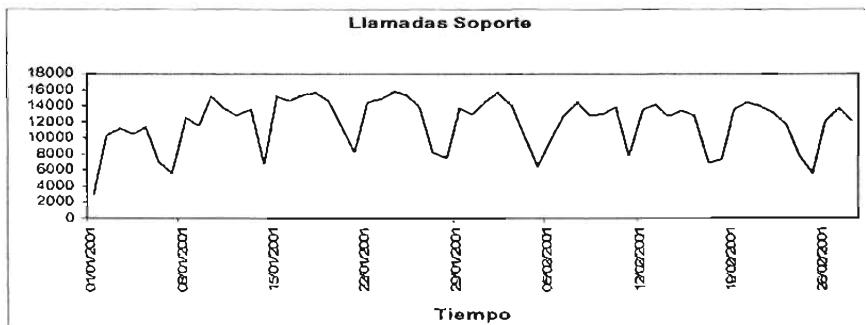


Gráfica 2.2 Serie original de Soporte

Se puede observar que ambas gráficas presentan una ligera tendencia creciente, también será necesario revisar si las series presentan fluctuación estacional, para ello reduciremos el periodo a graficar a dos meses con lo que podremos observar el comportamiento diario y detectar patrones de estacionalidad.

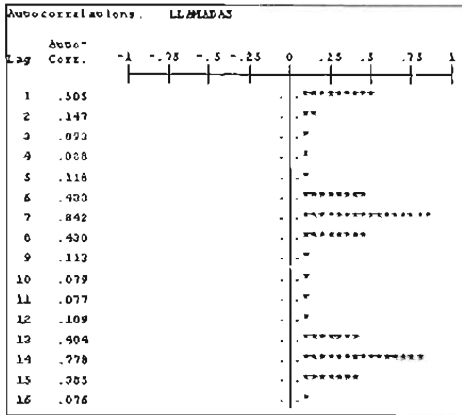


Gráfica 2.3 Datos de la serie de Ventas (periodo 2 meses)

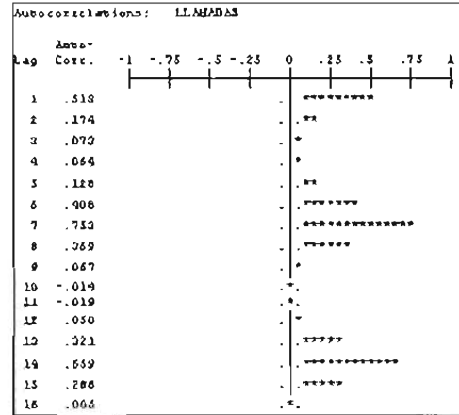


Gráfica 2.4 Datos de la serie de Soporte (periodo 2 meses)

Analizando el comportamiento gráfico de los datos, vemos que estos presentan un patrón repetitivo cada 7 días, lo cual se entiende como una estacionalidad semanal. Otra forma de identificar la estacionalidad es a través del correlograma, el cual es una gráfica de los coeficientes de autocorrelación. Los correlogramas de nuestras series de datos quedarían de la siguiente forma:



Gráfica 2.5 Correlograma de Ventas



Gráfica 2.6 Correlograma de Soporte

Si una serie tiene un patrón estacional, se presentará un coeficiente de autocorrelación significativo en el periodo de desfase correspondiente. En las series que estamos analizando se presenta este coeficiente significativo en el periodo 7 y 14, dado que los datos son diarios se puede inferir que los datos tienen una estacionalidad semanal.

Algunos de los modelos de Box-Jenkins están enfocados a modelos no estacionales, si se desea utilizar un modelo de estos se puede aplicar una diferencia estacional para eliminar la estacionalidad, dichas diferencias son similares a las diferencias consecutivas (ordinarias) o se pueden utilizar los modelos para series estacionales, el modelo dependerá del principio de parsimonia es decir se elegirá el modelo más simple. Si se aplica la diferencia estacional y si s es la longitud del periodo de la fluctuación estacional, entonces se tendrá que aplicar una diferencia de s periodos, dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta_s Y_t = Y_t - Y_{t-s}$$

Fórmula 2.1 Ecuación para obtener la s diferencia estacional

donde

Y_t = observación en el periodo de tiempo t

Y_{t-s} = observación en el periodo $t-s$

Al utilizar esta fórmula se pierden s observaciones cada vez que se efectúan estas diferencias.

En resumen observamos que las series no son estacionarias debido a que presentan una ligera tendencia creciente, lo cual se explica debido a que son ventas de servicio de conexión a Internet, un mercado que está en expansión; así como llamadas de soporte técnico del mismo servicio, al aumentarse los clientes es lógico que aumenten las llamadas para la atención de los mismos; por lo tanto deberá considerarse esta ligera tendencia en el análisis de los datos, también observamos que existe una estacionalidad de periodo siete en los datos. Una vez realizado el análisis de estacionaridad y estacionalidad procederemos a la identificación del modelo más adecuado para realizar los pronósticos, utilizando las gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial.

2.4.2 Identificación del modelo a través del análisis de las gráficas de autocorrelación simple y autocorrelación parcial

Las gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial son muy utilizadas para analizar los probables modelos a los que se puede ajustar una serie de tiempo, debido a ello es importante tener un antecedente del análisis de autocorrelación. Cuando se mide una variable a través del tiempo con frecuencia está correlacionada con ella misma al desfásarse uno o más periodos, esta correlación se puede medir a través de

los llamados coeficientes de autocorrelación; para calcular dichos coeficientes se utiliza la fórmula 2.2.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2},$$

Fórmula 2.2 Ecuación para calcular el coeficiente de orden k

donde

r_k = coeficiente de autocorrelación para un desfase de k periodos

\bar{Y} = media de los valores de la serie

Y_t = observación en el periodo de tiempo t

$Y_{t,k}$ = observación en k periodos anteriores o en el periodo $t-k$

El valor de la correlación para sucesivos valores del retardo k proporciona la llamada función de autocorrelación. La función de autocorrelación expresa las características dinámicas del proceso, porque recoge la influencia del pasado en el presente ($k = 1, 2, 3, \dots$). Así, un proceso en el cual cada variable dependa sólo de la anterior tendrá nulos todos los coeficientes de autocorrelación excepto el primero. Si cada variable depende de las dos previas, entonces la autocorrelación será no nula para los ordenes uno y dos, y nula para órdenes superiores. En otras palabras, la función de autocorrelación refleja la memoria del proceso: el número de periodos durante los cuales una variable continúa teniendo influencia en la evolución del proceso.

El paso inicial es el análisis de la gráfica de los datos originales, para después analizar el comportamiento teórico de los modelos más usuales, se revisa un muestrario de dichos modelos, el cual incluye la función de autocorrelación ACF (por sus siglas en inglés Autocorrelation Function) y la función de autocorrelación parcial PACF (por sus

siglas en inglés Partial Autocorrelation Function) de cada uno de los modelos citados y procedemos a la identificación del más adecuado.

Los modelos ARIMA (por sus siglas en inglés Autorregresive Integrated Moving Average) son una clase específica de técnicas de filtración que ignoran por completo a las variables independientes en la formulación de pronósticos, para ello se elige el orden de las diferencias consecutivas y estacionales, así como el orden de los polinomios autorregresivos y de medias móviles.

Como ya se definió, las series históricas estacionarias son aquellas cuyo valor promedio no cambia a través del tiempo, este grupo incluye a los modelos AR, sólo con términos autorregresivos, los modelos MA, sólo con términos de promedio móvil y los modelos ARMA y ARIMA que comprenden ambos términos.

Modelo Autorregresivo para series no estacionales

Un modelo autorregresivo toma la forma

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Fórmula 2.3 Ecuación de un modelo Autorregresivo

donde

Y_t = variable dependiente

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, Y_{t-p}$ = variables independientes que son variables dependientes desfasadas un número específico de periodos.

$\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_p$ = coeficientes de regresión

ε_t = término de residuo que representa sucesos aleatorios no explicados por el modelo

Los coeficientes de regresión se encuentran por medio de un método de mínimos cuadrados no lineal. Por lo regular el método de mínimos cuadrados no lineal utiliza una

técnica de solución iterativa para calcular los parámetros en vez de usar un cálculo directo. Se emplean estimaciones preliminares como puntos iniciales; luego estas estimaciones se mejoran sistemáticamente hasta encontrar valores óptimos. La varianza toma en cuenta el hecho de que las variables independientes están relacionadas entre sí, por último esta ecuación pudiera contener o no un término constante.

Una característica en las gráficas de autocorrelación y autocorrelación parcial de estos modelos es que el coeficiente de autocorrelación desciende gradualmente a cero, mientras que los coeficientes de autocorrelación parcial caen a cero después de p periodos.

Modelo de Medias Móviles para series no estacionales

Un modelo de medias móviles toma la forma

$$Y_t = w_0 + \varepsilon_t - w_1\varepsilon_{t-1} - w_2\varepsilon_{t-2} + \dots + w_q\varepsilon_{t-q}$$

Fórmula 2.4 Ecuación de un modelo de Medias Móviles

donde

Y_t = variable dependiente

w_0, w_1, w_2, w_q = peso específico

ε_t = residuo o error

$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \varepsilon_{t-q}$ = valores previos del residuo

En esta ecuación la variable dependiente Y_t depende de los valores previos de los residuos, en vez de la misma variable. Los modelos de medias móviles proporcionan pronósticos de Y_t con base en una combinación lineal de errores anteriores, mientras que los modelos autorregresivos expresan a Y_t como una función lineal de cierto número de valores anteriores reales de Y_t . Es una costumbre presentar los pesos

específicos con coeficientes negativos, aún cuando pueden ser positivos o negativos. La suma de $w_1 + w_2 + \dots + w_q$ no necesita ser igual a 1 y los valores de w_i no se mueven con las nuevas observaciones.

Las características de las gráficas de autocorrelación de estos modelos son que los coeficientes de autocorrelación caen a cero después de q periodos, mientras que los coeficientes de autocorrelación parcial descienden a cero de forma gradual.

Modelo Autorregresivo de Medias Móviles para series no estacionales

En ocasiones, el número de retardos implicados en las representaciones AR o MA de una serie es demasiado elevado para que resulte operativo. Por esa razón, no es infrecuente representar el valor de la serie como una combinación de ambos tipos de modelos, lo que da origen a los modelos ARMA (p, q) , el cual toma la forma

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - w_1 \varepsilon_{t-1} - w_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - w_q \varepsilon_{t-q}$$

Fórmula 2.5 Ecuación de un modelo Autorregresivo de Medias Móviles

Los modelos ARMA (p, q) utilizan combinaciones de errores anteriores y valores anteriores y ofrecen ajustar modelos que no pudieron ajustarse en forma adecuada mediante los modelos AR y MA.

También en muchas ocasiones, la representación ARMA (p, q) no es adecuada para una serie temporal observada pero sí lo es para su incremento. En estos casos, la representación ARMA (p, q) se formula sobre la serie diferenciada. Cuando se aplica una representación ARMA sobre los incrementos o diferencias de orden d de la serie original, entonces el modelo resultante es un ARIMA (p, d, q) , donde la inicial I se refiere a integrado y d es el orden del incremento aplicado.

Modelo Autorregresivo para series estacionales

Este modelo toma la forma

$$Y_t = \phi_0 + \phi_s Y_{t-s} + \phi_{2s} Y_{t-2s} + \dots + \phi_{ps} Y_{t-ps} + \varepsilon_t$$

Fórmula 2.6 Ecuación de un modelo Autorregresivo estacional

donde

Y_t = variable dependiente

$Y_{t-s}, Y_{t-2s}, Y_{t-ps}$ = variables independientes que son variables dependientes desfasadas s periodos.

$\phi_0, \phi_s, \phi_{2s}, \phi_{ps}$ = coeficientes de regresión

ε_t = término de residuo que representa sucesos aleatorios no explicados por el modelo

La función de autocorrelación del modelo estacional autorregresivo es similar en características generales a un ordinario autorregresivo, excepto que los valores de las autocorrelaciones aparecen en múltiplos de s , es decir, la función es decreciente infinita y sólo es distinta a cero en los intervalos $s, 2s, 3s, \dots$ por otro lado la PACF sólo tendrá un valor significativo en $k = s$.

Modelo de Medias Móviles para series estacionales

Este modelo toma la forma

$$Y_t = w_0 + \varepsilon_t - w_s \varepsilon_{t-s} - w_{2s} \varepsilon_{t-2s} + \dots + w_{qs} \varepsilon_{t-qs}$$

Fórmula 2.7 Ecuación de un modelo de Medias Móviles estacional

donde

Y_t = variable dependiente

w_0, w_s, w_{2s}, w_{qs} = peso específico

ε_t = residuo o error

$\varepsilon_{t-s}, \varepsilon_{t-2s}, \varepsilon_{t-qs}$ = valores previos del residuo

Como en el modelo estacional autorregresivo, la ACF del modelo estacional de medias móviles es semejante al de medias móviles, excepto que los valores de las autocorrelaciones aparecen en los intervalos múltiplos de s , y la PACF es decreciente infinita con valores significativos en múltiplos de s .

Modelo Autorregresivo de Medias Móviles para series estacionales

El modelo toma la forma

$$Y_t = \phi_0 + \phi_s Y_{t-s} + \phi_{2s} Y_{t-2s} + \dots + \phi_{qs} Y_{t-qs} + \varepsilon_t - w_s \varepsilon_{t-s} - w_{2s} \varepsilon_{t-2s} - \dots - w_{qs} \varepsilon_{t-qs}$$

Fórmula 2.8 Ecuación de un modelo Autorregresivo de Medias Móviles estacional

En general este modelo puede denotarse como ARIMA $(P, D, Q)_s$ en donde:

P = orden del proceso AR estacional

Q = orden del proceso MA estacional

D = orden de diferencias estacionales

s = longitud del periodo

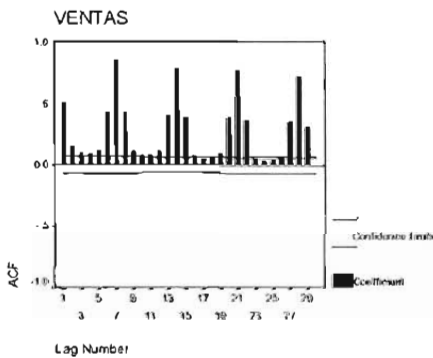
Modelos Generales Multiplicativos Estacionales

Por último, pueden combinarse todos los modelos en una clase general, la cual, para muchas series de tiempo, proporciona un buen ajuste y genera pronósticos adecuados, esta clase se llama modelos ARIMA multiplicativos y se expresa como:

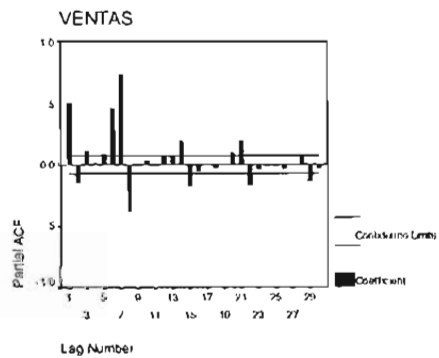
$$\text{ARIMA } (p, d, q) \times (P, D, Q)_s$$

Este modelo es el más general y da como resultado una gran cantidad de modelos con pocos parámetros, en donde es casi seguro que se encontrará alguno adecuado al fenómeno que se este manejando.

Una vez revisados los modelos de la metodología Box-Jenkins a continuación iniciaremos con la identificación del modelo de Ventas, utilizando la ACF y PACF de esta serie (figuras 2.7 y 2.8).



Gráfica 2.7 Función de Autocorrelación de Ventas



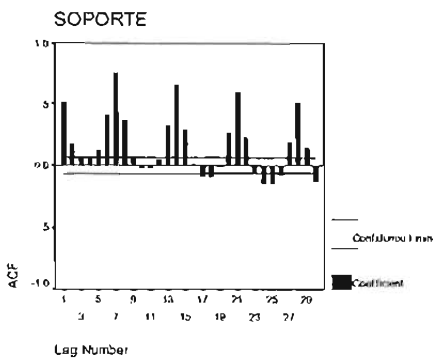
Gráfica 2.8 Función de Autocorrelación Parcial de Ventas

De la gráfica 2.1 se observa que la serie tiene una ligera tendencia, es decir la varianza y media no son constantes, por lo tanto la serie es no estacionaria, también tenemos que en la gráfica 2.7 se observa que los coeficientes de autocorrelación decrecen a cero en los primeros 4 periodos y se incrementan nuevamente del 5 al 7, este comportamiento se repite cada 7 periodos, esto nos indica que la serie tiene una estacionalidad semanal y que podemos aplicar una diferencia estacional y graficar sus ACF y PACF para buscar un modelo de la serie diferenciada; otra alternativa es considerar un modelo multiplicativo que incluye una parte ordinaria y una estacional.

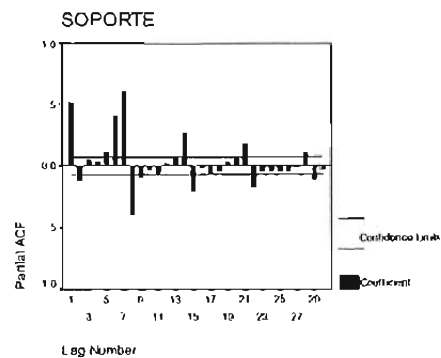
Si analizamos sólo los primeros coeficientes de autocorrelación podemos decir que la serie tiene el comportamiento de un modelo SAR(1), en donde los coeficientes de autocorrelación son significativamente diferentes de cero en los periodos múltiplos

de $s = 7$ y en los demás van decreciendo a cero, revisando la PACF el valor del coeficiente de autocorrelación más significativo es el 7 lo que nos da el orden del modelo estacional, por lo que en el siguiente punto iniciaremos probando con el modelo SAR(1)₇.

Ahora tratemos de identificar el modelo para la serie de Soporte, a continuación se muestran sus gráficas:



Gráfica 2.9 Función de Autocorrelación de Soporte



Gráfica 2.10 Función de Autocorrelación Parcial de Soporte

De la gráfica 2.2 se observa que la serie tiene una ligera tendencia, es decir la varianza y media son no constantes, por lo tanto la serie es no estacionaria, también tenemos que en la gráfica 2.9 se observa que los coeficientes de autocorrelación decrecen a cero en los primeros 4 periodos y se incrementan nuevamente del 5 al 7, este comportamiento se repite cada 7 periodos, esto nos indica que la serie tiene una estacionalidad semanal y que podemos aplicar una diferencia estacional y graficar sus ACF y PACF para buscar un modelo de la serie diferenciada; otra alternativa es considerar un modelo multiplicativo que incluye una parte ordinaria y una estacional.

Analizando las gráficas, observamos que los patrones de comportamiento de las gráficas de soporte son iguales que los de ventas, por lo que también iniciaremos probando con un modelo SAR(1)₇.

Todos los análisis se harán con el paquete estadístico Statgraphics Plus 4.0, el cual nos permite realizar la comparación de hasta cinco modelos simultáneos con el fin de utilizar el más adecuado y sobre todo aquel que cumpla con el principio de parsimonia, que nos dice que el proceso se debe representar con el menor número posible de parámetros, este principio pretende encontrar el modelo más representativo con la mayor economía de éstos, buscando la máxima sencillez.

2.4.3 Estimación de parámetros, diagnóstico y validación del modelo

A continuación presentamos la comparación de modelos para los datos de Ventas, tomando los modelos:

- (A) ARIMA(0,0,0)x(1,0,0)₇ con constante,
- (B) ARIMA(1,0,0)x(1,0,0)₇ con constante,
- (C) ARIMA(1,0,0)x(1,0,1)₇ con constante y
- (D) ARIMA(1,0,0)x(1,0,2)₇ con constante.

Variable: Ventas

Numero de observaciones = 881

Índice de Inicio = 01/01/01

Intervalo de Muestreo = 1.0 día

Longitud de la estacionalidad = 7

Modelo	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	5.47143e6	1421.85	17.1798	6.9466	-6.86024
(B)	4.1346e6	1231.21	13.9054	8.60329	-4.76822
(C)	3.39925e6	1088.6	11.7222	9.06742	-3.11012
(D)	3.32156e6	1077.68	11.5564	27.1345	-2.71222

Tabla 2.1 Errores para los modelos de Ventas

MSE = Error Cuadrático Medio (por sus siglas en inglés Mean Squared Error)

MAE = Error Absoluto Medio (por sus siglas en inglés Mean Absolute Error)

MAPE = Porcentaje de Error Absoluto Medio (por sus siglas en inglés Mean Absolute Percentage Error)

ME = Error Medio (por sus siglas en inglés Mean Error)

MPE = Porcentaje de Error Medio (por sus siglas en inglés Mean Percentage Error)

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	2339.11	***	***	***	OK	***
(B)	2033.37	OK	**	***	OK	***
(C)	1843.71	OK	OK	***	OK	***
(D)	1822.51	OK	OK	***	OK	***

Tabla 2.2 Resultados de las pruebas de los residuales en los modelos de Ventas

RMSE = Raíz cuadrada media del Error (por sus siglas en inglés Root Mean Squared Error)

RUNS = Prueba para medir movimientos excesivos hacia arriba y hacia abajo (por sus siglas en inglés Test for excessive runs up and down)

RUNM = Prueba para medir movimientos excesivos sobre y debajo de la media (por sus siglas en inglés Test for excessive runs above and below median)

AUTO = Prueba de Box-Pierce para medir la autocorrelación

MEAN = Prueba para medir la diferencia entre la media de la primera mitad y la segunda mitad

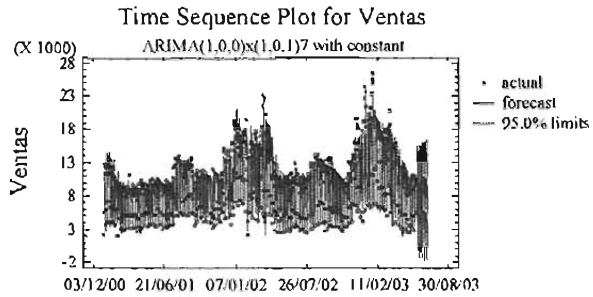
VAR = Prueba para medir la diferencia en varianza de la primera y segunda parte

OK = no significativo ($p \geq 0.10$)

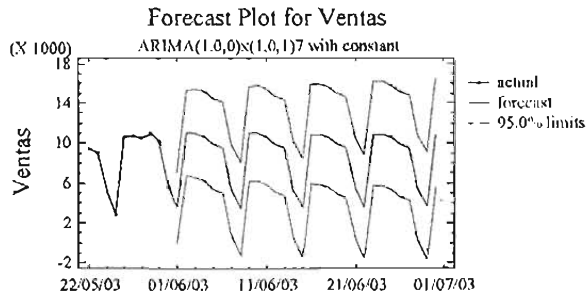
* = marginalmente significativo ($0.05 < p \leq 0.10$)

** = significativo ($0.01 < p \leq 0.05$)

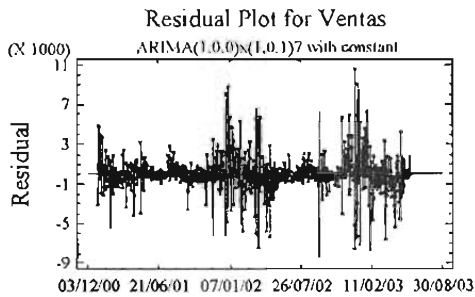
*** = altamente significativo ($p \leq 0.01$)



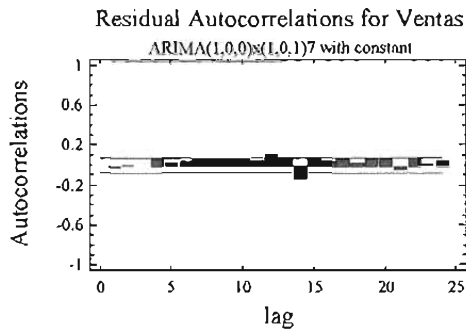
Gráfica 2.11 Serie original de Ventas con pronósticos



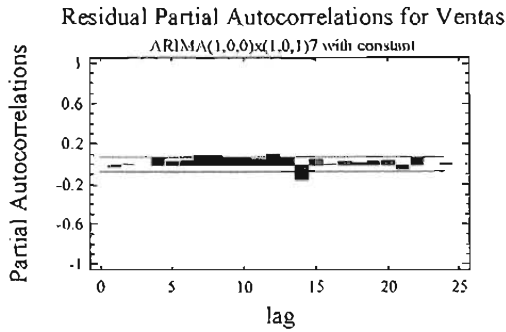
Gráfica 2.12 Pronósticos de Ventas



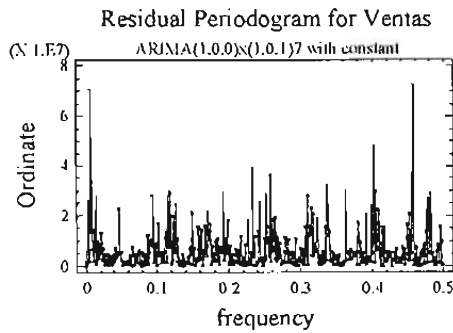
Gráfica 2.13 Residuales de Ventas



Gráfica 2.14 ACF de Ventas



Gráfica 2.15 PACF de Ventas



Gráfica 2.16 Periodograma de los residuales de Ventas

La tabla 2.1 compara el resultado de los cuatro diferentes modelos de pronóstico en cuanto a sus errores, en donde tenemos que el Error Cuadrático Medio (MSE) más pequeño es el del modelo D, este parámetro penaliza los errores mayores de pronóstico elevándolos al cuadrado. El modelo con el más pequeño Error Absoluto Medio (MAE) es el modelo D. El modelo con el más pequeño Porcentaje de Error Absoluto Medio (MAPE), el cual indica que tan grandes son los errores del pronóstico comparados con los valores reales de la serie, éste también se puede utilizar para comparar la precisión de la misma técnica sobre dos series diferentes, es el modelo D. Por último tenemos el Porcentaje de Error Medio (MPE), que es utilizado para determinar si un enfoque de pronóstico no está sesgado, lo cual producirá un porcentaje cercano a cero, el MPE más cercano a cero es el del modelo D. Estos resultados se pueden utilizar para seleccionar el modelo más apropiado, sin embargo, se deben tomar en cuenta también los valores proporcionados por la tabla 2.2.

La tabla 2.2 también resume los resultados de las cinco corridas en los residuales para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Un OK significa que el modelo pasa la prueba. Un * significa que falla a un nivel de confianza del 90%. Dos * significa que falla a un nivel de confianza del 95%. Tres * significa que falla a un nivel de confianza del 99%. Se observa que de los 4 modelos el modelo C y D pasan las 4 pruebas, siendo el modelo D el que presenta los errores más pequeños, sin embargo el modelo C utiliza menos parámetros y sus errores no son significativamente mayores que los de D, por lo que bajo el principio de parsimonia seleccionaremos el modelo C para realizar nuestros pronósticos.

Ahora presentamos la comparación de modelos para los datos de Soporte, tomando los modelos

- † (A) $ARIMA(0,0,0) \times (1,0,0)_7$ con constante,
- † (B) $ARIMA(1,0,0) \times (1,0,0)_7$ con constante,
- † (C) $ARIMA(1,0,0) \times (1,0,1)_7$ con constante y
- † (D) $ARIMA(1,0,0) \times (1,0,2)_7$ con constante.

Variable: Soporte

Numero de observaciones = 881

Índice de Inicio = 01/01/01

Intervalo de Muestreo = 1.0 día

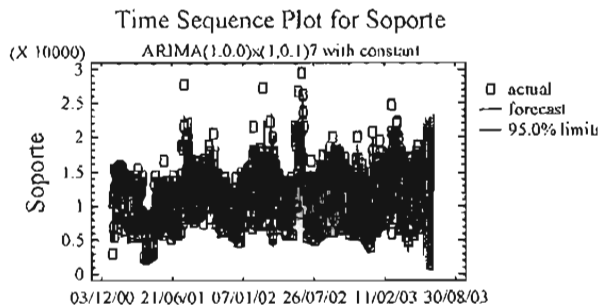
Longitud de la estacionalidad = 7

Modelo	MSE	MAE	MAPE	ME	MPE
(A)	1.27891e7	2763.67	28.0174	5.1633	-11.1652
(B)	5.29779e6	1581.12	14.1449	18.2658	-3.84075
(C)	3.99761e6	1344.57	11.6835	39.6616	-2.14668
(D)	3.95276e6	1331.63	11.5813	50.4754	-2.02973

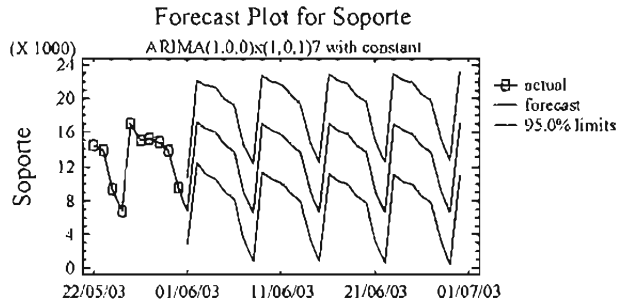
Tabla 2.3 Errores para los modelos de Soporte

Modelo	RMSE	RUNS	RUNM	AUTO	MEAN	VAR
(A)	3576.19	***	***	***	**	***
(B)	2301.69	OK	OK	***	OK	***
(C)	1999.4	OK	OK	***	OK	OK
(D)	1988.15	OK	OK	***	OK	OK

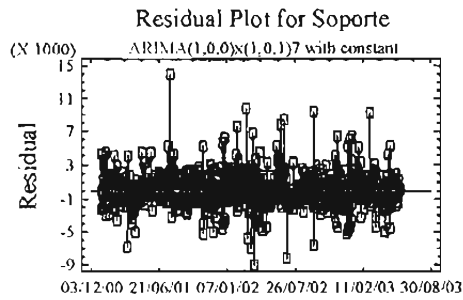
Tabla 2.4 Resultados de las pruebas de los residuales en los modelos de Soporte



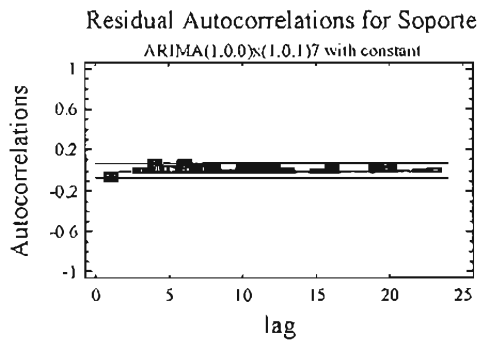
Gráfica 2.17 Serie original de Soporte con pronósticos



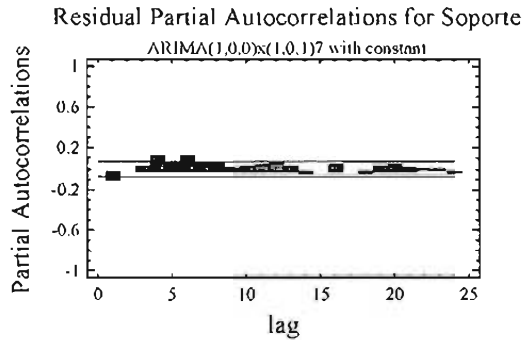
Gráfica 2.18 Pronósticos de Soporte



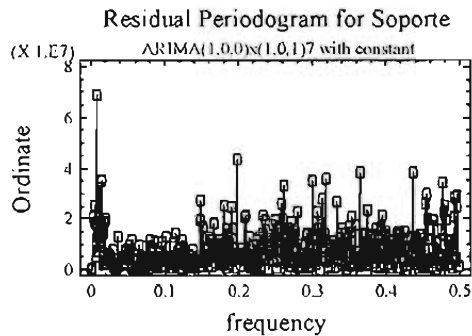
Gráfica 2.19 Residuales de Soporte



Gráfica 2.20 ACF de Soporte



Gráfica 2.21 PACF de Soporte



Gráfica 2.22 Periodograma de los residuales de Soporte

En la tabla 2.3 se comparan los resultados de los cuatro diferentes modelos de pronóstico para los errores de Soporte. Observando estas estadísticas de error, el modelo con el más pequeño MSE durante la estimación es el modelo D. El modelo con el más pequeño MAE es el D. El modelo con el más pequeño MAPE es el modelo D. Por último tenemos que también el modelo D es que presenta el más pequeño MPE. Estos resultados se pueden utilizar para seleccionar el modelo más apropiado, sin embargo, se deben tomar en cuenta también los valores proporcionados por la tabla 2.4.

La tabla 2.4 también resume los resultados de las cinco corridas en los residuales para determinar si cada modelo es adecuado para los datos. Se observa que de los 4 modelos el modelo C y D pasan las 4 pruebas, siendo el modelo D el que presenta los errores más pequeños, sin embargo el modelo C utiliza menos parámetros y sus errores no son significativamente mayores que los de D, por lo que bajo el principio de parsimonia seleccionaremos el modelo C para realizar nuestros pronósticos.

2.4.4 Pronóstico de llamadas

Una vez que hemos decidido los modelos adecuados a utilizar necesitamos conocer los parámetros que conforman dicho modelo para realizar el pronóstico adecuado.

Para el caso de Ventas tenemos los siguientes resultados obtenidos de la corrida en el sistema:

Modelo de Pronóstico Seleccionado: $ARIMA(1,0,0) \times (1,0,1)_7$ con Constante

Número de Pronósticos generados: 30

Número de periodos retenidos para validación: 0

Estadística	Estimación
MSE	3.39925e6
MAE	1088.6
MAPE	11.7222
ME	9.06742
MPE	-3.11012

Tabla 2.5 Estimación de errores para el modelo de llamadas en Ventas

Parámetro	Estimación	Error Estándar	t	P-value
AR(1)	0.601782	0.027153	22.1627	0.000000
SAR(1)	0.986694	0.00665434	148.278	0.000000
SMA(1)	0.661139	0.0277168	23.8534	0.000000
Mean	10023.2	2686.46	3.73101	0.000191
Constante	53.1094			

Tabla 2.6 Estimación de parámetros para el modelo de llamadas en Ventas

Estimación de la varianza de ruido blanco = $3.4265e^6$ con 877 grados de libertad

Estimación de la desviación estándar de ruido blanco = 1851.08

Número de iteraciones: 8.

Los pronósticos obtenidos como resultado de esta corrida se muestran en la tabla

2.7.

Fecha	Pronóstico	Dato Real	Intervalo de Confianza	
			Límite Superior	Límite Inferior
01/06/2003	3552.9	4136	7180.96	-75.1594
02/06/2003	11087.7	13530	15322.1	6853.41
03/06/2003	11035.4	12259	15468.9	6601.95
04/06/2003	10656.2	11937	15159.7	6152.8
05/06/2003	9944.38	11761	14472.9	5415.87
06/06/2003	9592.45	11413	14130	5054.9
07/06/2003	5362.38	5823	9903.2	821.551
08/06/2003	3439.2	3786	8158.3	-1279.89
09/06/2003	10953.4	12916	15735.4	6171.33
10/06/2003	10949.6	11938	15754.2	6145.02
11/06/2003	10604.3	11157	15417	5791.53
12/06/2003	9919.22	11398	14734.9	5103.52
13/06/2003	9582.42	9659	14399.2	4765.65
14/06/2003	5414.9	5350	10232.1	597.749
15/06/2003	3521.1	3149	8485.99	-1443.79
16/06/2003	10937.5	11253	15954.9	5920.22
17/06/2003	10935.2	11887	15971.4	5899.06
18/06/2003	10595.3	11799	15638.3	5552.33
19/06/2003	9919.86	11136	14965.3	4874.42
20/06/2003	9587.83	10147	14634.2	4541.5
21/06/2003	5475.95	5420	10522.6	429.294
22/06/2003	3607.45	3361	8791.2	-1576.3
23/06/2003	10925.3	11879	16157.8	5692.77
24/06/2003	10923	11515	16173.1	5672.98
25/06/2003	10587.7	11491	15844	5331.26
26/06/2003	9921.21	10811	15179.9	4662.52
27/06/2003	9593.61	9958	14853.1	4334.09
28/06/2003	5536.45	5165	10796.3	276.629
29/06/2003	3692.81	3141	9080.85	-1695.23
30/06/2003	10913.3	11529	16347	5479.54

Tabla 2.7 Pronósticos de Llamadas de Ventas

Para el caso de Soporte tenemos los siguientes resultados obtenidos de la corrida en el sistema:

Modelo de Pronóstico Seleccionado: ARIMA(1,0,0)x(1,0,1)⁷ con Constante

Número de Pronósticos generados: 30

Numero de periodos retenidos para validación: 0

Estadística	Estimación
MSE	3.99761e6
MAE	1344.57
MAPE	11.6835
ME	39.6616
MPE	-2.14668

Tabla 2.8 Estimación de errores para el modelo de llamadas en Soporte

Parámetro	Estimación	Error Estándar	t	P-value
AR(1)	0.707984	0.0239992	29.5003	0.000000
SAR(1)	0.998874	0.00475419	210.104	0.000000
SMA(1)	0.808116	0.0220796	36.6001	0.000000
Mean	12149.0	3150.02	3.85679	0.000115
Constante	3.99598			

Tabla 2.9 Estimación de parámetros para el modelo de llamadas en Ventas

Estimación de la varianza de ruido blanco = $4.05148e^6$ con 877 grados de libertad

Estimación de la desviación estándar de ruido blanco = 2012.83

Número de iteraciones: 8

Los pronósticos obtenidos como resultado de esta corrida se muestran en la tabla 2.10.

Fecha	Pronóstico	Dato Real	Intervalo de Confianza	
			Límite Superior	Límite Inferior
01/06/2003	6818.29	6538	10763.4	2873.21
02/06/2003	17237.7	19579	22071.4	12404
03/06/2003	16342.4	16261	21565	11119.9
04/06/2003	15995.6	15995	21402.5	10588.6
05/06/2003	14581.1	16001	20078.1	9084.02
06/06/2003	13726.5	15664	19268.1	8184.82
07/06/2003	9183.18	10468	14747.1	3619.3
08/06/2003	6614.15	7470	12286.6	941.737
09/06/2003	17083.2	18149	22809.2	11357.1
10/06/2003	16232.3	18063	21985.1	10479.6
11/06/2003	15916.7	16902	21682.7	10150.6
12/06/2003	14525.5	15851	20298.3	8752.8
13/06/2003	13687.3	13694	19463.4	7911.24
14/06/2003	9160.06	9083	14937.8	3382.32
15/06/2003	6601.64	6170	12441.6	761.687
16/06/2003	17064.4	16936	22935.3	11193.5
17/06/2003	16218.4	17771	22104.7	10332
18/06/2003	15905.8	17596	21799.9	10011.7
19/06/2003	14518.1	18791	20416.1	8620.21
20/06/2003	13682.2	14936	19582.1	7782.38
21/06/2003	9161.06	9339	15061.9	3260.22
22/06/2003	6606.22	6481	12564.7	647.755
23/06/2003	17057.6	17012	23044.8	11070.5
24/06/2003	16212.9	16316	22214.4	10211.5
25/06/2003	15901	16033	21909.6	9892.34
26/06/2003	14515.1	14916	20527.3	8502.84
27/06/2003	13680.2	13791	19694.2	7666.21
28/06/2003	9164.22	8753	15179.1	3149.31
29/06/2003	6612.31	6061	12683.4	541.261
30/06/2003	17052	17115	23151	10953

Tabla 2.10 Pronósticos de Llamadas de Soporte

2.5 Conclusiones

Como pudimos observar a lo largo del capítulo, la metodología de Box-Jenkins es de gran utilidad cuando se trabaja con valores estacionales, como en nuestro caso, dando en sus pronósticos un acercamiento muy cercano al valor real.

Para el caso de las llamadas recibidas en la campaña de ventas el pronóstico obtenido se asemeja mucho a la realidad, pues los valores reales se encuentran dentro de los rangos de confianza, de esta manera el pronóstico nos proporciona datos de llamadas lo suficientemente confiables para calcular el número de operadores necesarios para la óptima operación de la campaña.

Algo similar ocurre en las llamadas de la campaña de soporte, donde el pronóstico se asemeja más al valor real, obteniendo también datos muy confiables para el cálculo del personal óptimo a operar.

Dados estos resultados, en el siguiente capítulo será utilizaremos dichos valores para buscar el modelo que más se adecue a la operación de un Centro de Atención Telefónica, mediante el uso de líneas de espera.

Capítulo 3. Teoría de Líneas de Espera y Aplicación

Objetivo: Conocer e identificar los elementos que conforman una línea de espera para desarrollar una aplicación práctica que ayude a optimizar los niveles de atención de llamadas en un Centro de Atención Telefónica, detectando el número de operadores (servidores) necesarios para la satisfacción de los clientes

3.1 Introducción

El esperar a ser atendido es una actividad que cualquier persona realiza al necesitar algún producto o servicio, sin embargo, no es una actividad que se quiera realizar. La espera se ha convertido para toda empresa en un punto de oportunidad que puede llevar muchos beneficios, entre menos espere un cliente más posibilidades hay de vender algún producto, de proporcionarle algún servicio o simplemente tener un cliente satisfecho. La rápida atención a un cliente es primordial dentro de los objetivos de cualquier empresa, ya sean clientes adquiridos o clientes nuevos.

La teoría de colas es el estudio de la espera en diferentes situaciones. Usa los modelos de colas para representar los tipos de sistemas de líneas de espera (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 diferentes circunstancias.

Estos modelos de líneas de espera son muy útiles para determinar como opera un sistema de colas de la manera más efectiva, es decir, es necesario considerar que el proporcionar demasiada capacidad de servicio implica costos excesivos, sin embargo, el no contar con suficiente capacidad de servicio hace que la espera sea excesiva, implicando consecuencias desafortunadas. Los modelos de líneas de espera permiten encontrar un balance adecuado entre el costo del servicio y la cantidad de espera.

Para entender la importancia de las líneas de espera en un centro de atención telefónica se explicará en este capítulo qué son las líneas de espera, cuáles son sus elementos, cómo se clasifican y cómo permiten desarrollar el modelo analítico que representa adecuadamente una situación específica con el fin de evaluar los parámetros relevantes de utilización del servicio, tiempos promedio de espera y longitud promedio de las líneas de espera en un CAT.

3.2 Elementos y clasificación de las líneas de espera

Una línea de espera está constituida por un cliente que requiere de un servicio, proporcionado por un servidor, en un determinado periodo. Los clientes entran aleatoriamente al sistema y forman una o varias colas (o líneas de espera) para ser atendidos. Si el servidor está desocupado, de acuerdo a ciertas reglas preestablecidas o características del servicio, conocidas con el nombre de disciplina del servicio, se proporciona la atención a los elementos de la cola. El cliente será atendido en un periodo determinado de tiempo, llamado tiempo de servicio. Al finalizar éste, el cliente abandona el sistema. Los clientes que se forman en una cola lo hacen en un área de espera.

La clasificación de las líneas de espera se puede hacer de acuerdo a los siguientes elementos:

- ⌊ El número de clientes que pueden esperar en la cola. Estos pueden ser finitos o infinitos, en la realidad sólo existen los primeros; matemáticamente se facilitan los cálculos si se supone lo segundo.
- ⌊ La fuente que genera la población de clientes. Esta fuente puede tener una producción finita o infinita (no confundir con la población que espera, que tiene el mismo comportamiento).
- ⌊ A la manera como esperan los clientes, en una cola o en varias con o sin opción a cambiarse de cola.

- t El tiempo transcurrido entre llegada de un cliente y el inmediato anterior. Este intervalo de tiempo puede ser una constante o una variable aleatoria independiente, cuya distribución de probabilidad se puede o no conocer.
- t El tiempo de servicio. Este intervalo de tiempo puede ser una constante o una variable aleatoria, dependiente o independiente, cuya distribución de probabilidad se puede o no conocer.
- t La disciplina de la cola. Se puede utilizar una política en la cual el primero que llega a la cola es el primero al que se le proporciona el servicio (FIFO); existen políticas de prioridad, como es el caso de los servicios médicos de emergencia, en donde las características del cliente indican en que orden se le proporciona el servicio, existe también la disciplina del último que entra primero que sale (LIFO) o bien aleatorias.
- t El número de servidores, uno o más.
- t La estructura de las estaciones de servicio. Éstas pueden estar en serie, en paralelo o mixtas.
- t La estabilidad del sistema, que puede ser estable o transitoria.

La composición de los diversos sistemas de colas se explicará en los puntos siguientes. Pero antes de ello se definirá de manera resumida la terminología y notación en la Teoría de Colas:

λ = número promedio de llegadas al sistema por unidad de tiempo

μ = número promedio de servicios por unidad de tiempo

$\rho = \lambda / \mu$ = factor de utilización del sistema con un servidor

S = número de servidores en el sistema

$\rho_s = \lambda / S\mu$ = factor de utilización de un sistema con servidores múltiples

T_s = valor esperado del tiempo de espera para que se proporcione el servicio a la última llegada de la cola

T_w = valor esperado del tiempo de espera para que la última llegada de la cola abandone el sistema una vez que se le haya proporcionado el servicio

$1 / \lambda$ = tiempo promedio que transcurre entre dos llegadas consecutivas

$1 / \mu$ = tiempo promedio de servicio de un cliente

λ_n = número esperado de llegadas de nuevos clientes por unidad de tiempo cuando ya existen n en el sistema

μ_n = número esperado de servicios por unidad de tiempo, cuando existen n clientes en el sistema. Representa la tasa combinada de servicios a la cual trabajan todos los servidores ocupados

L = valor esperado del número de elementos formados en la cola

W = valor esperado del número de elementos en el sistema, es decir, esperando en la cola y recibiendo un servicio

$P_m(t)$ = probabilidad de que en el momento t de arribo a la cola se encuentren m elementos en el sistema, S recibiendo servicio, en el caso de S ($S \geq 1$) servidores, y $m - S$ formados en la cola

$P_0(t)$ = probabilidad de que en el momento t de arribo a la cola, el sistema se encuentre vacío

C_s = número esperado de clientes que no requieren de un servicio en el momento de arribar al sistema

μ_s = utilización promedio de cada uno de los servidores ($S \geq 1$), dada en porcentaje de tiempo

3.2.1 Una línea – Un servidor – Población Infinita

Suponga una línea de espera y un servidor. La disciplina de la línea de espera es primero que llega primero que se le proporciona el servicio. Se supone una población infinita y una sala de espera de capacidad ilimitada, el tiempo de llegada tiene una distribución de Poisson, con media $1/\lambda$. Esto quiere decir que si, por ejemplo, llegan 5 clientes en promedio cada minuto ($\lambda = 5$), la media de la distribución es 0.2 minutos, es decir 12 segundos. La media $1/\lambda$ representa el tiempo promedio que transcurre entre llegadas. El tiempo de servicio tiene una distribución exponencial negativa con tiempo medio de servicio $1/\mu$.

Lo anterior quiere decir que si $A(t)$ es el número de llegadas en un intervalo de tiempo t , con una distribución de Poisson, entonces la probabilidad de que $A(t) = k$ llegadas está dada por:

$$P\{A(t) = k\} = e^{-\lambda t} (\lambda t)^k \quad (\text{Fórmula 3.1})$$

Mientras que si Z representa el tiempo aleatorio de servicio con distribución exponencial negativa, la probabilidad de que este tiempo sea mayor a t unidades está dado por:

$$P\{Z > t\} = e^{-\mu t} \quad (\text{Fórmula 3.2})$$

A continuación se desarrolla la fórmula general para $P_m(t)$, la probabilidad de que en el momento de arribo a la cola (tiempo t) se encuentren m personas ($m \geq 0$) en el sistema (1 recibiendo servicio y $m-1$ formadas).

Se escoge un intervalo de tiempo $\Delta t > 0$ bastante pequeño y se supone que la probabilidad de más de una llegada en Δt es casi nula. Entonces se tienen las siguientes expresiones:

- () Probabilidad de que no lleguen clientes.

$$\Delta t = 1 - \lambda \Delta t. \quad (\text{Fórmula 3.3})$$

- () Probabilidad de no requerir servicio en el mismo periodo.

$$\Delta t = 1 - \mu \Delta t. \quad (\text{Fórmula 3.4})$$

Tenemos entonces que la probabilidad de tener m personas en el sistema en cualquier tiempo $t + \Delta t$, denotada por $P_m(t + \Delta t)$, es la suma de las probabilidades asociadas a eventos independientes específicos:

$$ABC + DBE + GFC + AGE \quad (\text{Fórmula 3.5})$$

Donde los términos A, B, C, D, E, F y G significan respectivamente lo siguiente:

- A: Probabilidad de que existan m personas en el sistema en el tiempo t , una recibiendo servicio y $m-1$ formadas, $P_m(t)$.
- B: $1-\lambda\Delta t$.
- C: $1-\mu\Delta t$.
- D: Probabilidad de que existan $m+1$ personas en el sistema en el tiempo t , una recibiendo servicio y m formadas, $P_{m+1}(t)$.
- E: Es el complemento de la fórmula 3.4, es decir, la probabilidad de un servicio en el tiempo Δt , $\mu\Delta t$.
- F: Probabilidad de que existan $m-1$ personas en el sistema en el tiempo t , una recibiendo servicio y $m-2$ formadas, $P_{m-1}(t)$.
- G: Complemento de 3.3, es decir, probabilidad de una llegada en el tiempo Δt , $\lambda\Delta t$.

A partir de esto tenemos que las fórmulas generales de este sistema son:

- ⌋ $P_m(t)$, es la probabilidad de que en el momento de arribo a la línea (tiempo t), se encuentren m personas ($m \geq 0$) en el sistema (1 recibiendo servicio y $m-1$ formadas) y está dada por:

$$P_m(t) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right) = (\rho)^m (1 - \rho) \quad (\text{Fórmula 3.6})$$

- ⌋ La fórmula para W , el número esperado de gente en el sistema (en cola y en servicio) es:

$$W = \left(\frac{\rho}{1 - \rho}\right) = \left(\frac{\lambda}{\mu - \lambda}\right) \quad (\text{Fórmula 3.7})$$

- ⌋ El número esperado de gente en la cola L , se define como:

$$L = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \right) = W - 1 + P_0(t) \quad (\text{Fórmula 3.8})$$

- ‡ El tiempo esperado en la cola antes de recibir el servicio, T_s , es:

$$T_s = \left(\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \right) \quad (\text{Fórmula 3.9})$$

- ‡ El tiempo esperado para abandonar el sistema T_w , es:

$$T_w = T_s + \left(\frac{1}{\mu} \right) \quad (\text{Fórmula 3.10})$$

Todas las expresiones anteriores permitirán calcular:

- ‡ La probabilidad de que el número de personas en el sistema, W , sea mayor a Z :

$$P(W > Z) = \rho^{z+1} \quad (\text{Fórmula 3.11})$$

- ‡ La probabilidad de que la espera total en la cola, T_s , sea mayor a g unidades de tiempo:

$$P(T_s > g) = \rho e^{-\mu(1-\rho)g}, \quad g \geq 0 \quad (\text{Fórmula 3.12})$$

- ‡ La probabilidad de que la espera total en el sistema T_w sea mayor a h unidades de tiempo:

$$P(T_w > h) = \rho e^{-\mu(1-\rho)h}, \quad h \geq 0 \quad (\text{Fórmula 3.13})$$

3.2.2 Una línea – Un servidor – Población Finita

En el caso anterior se supuso que el número de clientes que requieren servicio en un periodo determinado de tiempo es infinito, sin embargo, un caso como éste no corresponde a la realidad, ya que, por regla, una población es de tamaño finito. Esta

consideración, en vez de simplificar el desarrollo de las fórmulas que describirá cuantitativamente el sistema, lo complica, es por esto que se prefiere trabajar con el supuesto de una población infinita y no de una real.

Suponiendo que una población finita de m elementos ($0 < m < \infty$) requiriera servicios en un sistema de una línea de espera con un servidor, las series infinitas analizadas en la sección anterior se convierten en series finitas y generan los siguientes resultados.

Si m es la población que pudiera requerir un servicio determinado y n ($n < m$) elementos de esa población piden ese servicio, entonces $P_0(t)$ se calcula mediante el uso simultáneo de las siguientes expresiones:

$$\frac{P_n(t)}{P_0(t)} = \frac{m!}{(m-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$$

$$P_0(t) = \frac{1}{\sum_{n=0}^m \frac{P_n(t)}{P_0(t)}} \quad (\text{Fórmula 3.14})$$

Una vez conocida $P_0(t)$ las siguientes fórmulas quedan:

$$L = m - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} (1 - P_0(t)) \quad (\text{Fórmula 3.15})$$

$$W = L + (1 - P_0(t)) \quad (\text{Fórmula 3.16})$$

$$T_s = \frac{L}{\mu(1 - P_0(t))} \quad (\text{Fórmula 3.17})$$

$$T_w = T_s + \frac{1}{\mu} \quad (\text{Fórmula 3.18})$$

Una vez conocida $P_0(t)$ se puede calcular $P_n(t)$ la cual quedaría de la siguiente forma:

$$P_n(t) = P_0(t) \frac{m!}{(m-n)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \quad (\text{Fórmula 3.19})$$

3.2.3 Una línea – Servidores múltiples en paralelo – Población Infinita

Si se supone un sistema con una sola línea de espera, a la cual pueden llegar un número infinito de clientes para recibir un mismo servicio por parte de S ($S > 1$) servidores en paralelo, la política de nuestro sistema es que se atienden los clientes en el orden de su llegada; el servicio lo proporciona el primer servidor que se haya desocupado. Todos los servidores están desocupados al principio y se irán ocupando en forma progresiva en la medida que vayan llegando los clientes.

El número promedio de llegadas por unidad de tiempo es λ y se supone que éste tiene una distribución de Poisson.

El número promedio de servicios de cada servidor por unidad de tiempo es el mismo y se denota por μ . Se supone que este número tiene una distribución Exponencial Negativa.

Cuando el número de elementos en la línea de espera y en las estaciones de servicio, m , es mayor que el número de servidores, S , ($m > S$), la probabilidad de que algún cliente abandone el sistema después de recibir su servicio en el intervalo de tiempo Δt es $S\mu\Delta t$. En caso contrario ($S > m$) dicha probabilidad es $m\mu\Delta t$.

Las formulas generales de este sistema son:

$$P_m(t) = \left(\frac{P_0(t)}{S!S[m-S]}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \quad \text{para } m > S \quad (\text{Fórmula 3.20})$$

$$P_m(t) = \binom{P_0(t)}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \quad \text{para } m \leq S \quad (\text{Fórmula 3.21})$$

quedando $P_0(t)$ como:

$$P_0(t) = \left[\sum_{m=0}^{s-1} \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m + \frac{1}{S!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \left(\frac{S\mu}{S\mu - \lambda}\right) \right]^{-1} \quad (\text{Fórmula 3.22})$$

el largo de la línea L lo da la siguiente expresión:

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} P_0(t) \quad (\text{Fórmula 3.23})$$

El número de elementos en el sistema W , es igual a:

$$W = L + \frac{\lambda}{\mu} \quad (\text{Fórmula 3.24})$$

El tiempo de espera en la cola T_s , es:

$$T_s = \frac{L}{\lambda} \quad (\text{Fórmula 3.25})$$

Y por último, el tiempo de espera en el sistema T_w es:

$$T_w = T_s + \frac{1}{\mu} \quad (\text{Fórmula 3.26})$$

Así como en el caso de un servidor se supone que $\lambda/\mu < 1$ (para que no se formen colas de tamaño infinito), en el caso de servidores múltiples se requiere que se cumpla la condición $\lambda/S\mu < 1$, la cual se puede reescribir como $\lambda/\mu < S$.

3.2.4 Una línea – Servidores múltiples en paralelo – Población Finita

Para S servidores y una población finita de m elementos se tienen las siguientes fórmulas:

$$P_n = \binom{m}{n} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad \text{para } 0 \leq n \leq S \quad (\text{Fórmula 3.27})$$

$$P_n = \frac{m!}{(m-n)!S!S^{n-S}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \quad \text{para } S < n \leq m \quad (\text{Fórmula 3.28})$$

$$L = \sum_{n=S+1}^m (n-S)P_n \quad (\text{Fórmula 3.29})$$

$$W = \sum_{n=0}^m nP_n \quad (\text{Fórmula 3.30})$$

El número de unidades de la población que no requieren servicio está dado por:

$$C_s = m - W \quad (\text{Fórmula 3.31})$$

El número esperado de estaciones de servicio que se utilizan está dado por $W-L$.

Finalmente:

$$T_s = \frac{W}{\mu(W - L)} \quad (\text{Fórmula 3.32})$$

$$T_x = T_s + \frac{1}{\mu} \quad (\text{Fórmula 3.33})$$

La utilización esperada del servidor S en porcentaje de tiempo, μ_s , está dada por:

$$\mu_s = \frac{1}{S} (W - L) \quad (\text{Fórmula 3.34})$$

Todas las fórmulas proporcionadas se derivan bajo los siguientes supuestos:

- ($\frac{\lambda}{S - \mu} < 1$
- (La política de la fila es primera llegada primero que se le da servicio.
- (Las llegadas tienen una distribución Poisson y los servicios Exponencial Negativa.

3.2.5 Una línea – Servidores múltiples en serie

Generalmente este tipo de líneas de espera se utilizan en el sector productivo ya que las líneas de ensamble requieren de actividades que se desarrollan en serie. En estos procesos, la salida de una de las etapas es insumo de la etapa en serie que le sigue.

Se supone que la llegada al sistema con n servidores en serie, es una variable aleatoria con distribución de Poisson y con media λ . El tiempo de servicio en la etapa i , $i=1,2,\dots,n$, es una variable aleatoria independiente, distribuida exponencialmente con media μ_i . La capacidad de espacio para la espera entre las estaciones i e $i+1$ es prácticamente ilimitada. A continuación se caracterizan cuantitativamente al sistema. La probabilidad conjunta de que existan Z_1 clientes esperando para servicio en la estación 1, Z_2 esperando en la estación 2 y Z_n en la n , está dada por:

$$P\{L_1 = Z_1, L_2 = Z_2, \dots, L_n = Z_n\} = (1 - \rho_1)\rho_1^{Z_1} (1 - \rho_2)\rho_2^{Z_2} \dots (1 - \rho_n)\rho_n^{Z_n} \quad (\text{Fórmula 3.35})$$

donde

$$\rho_i = \frac{\lambda}{\mu_i} < 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{Fórmula 3.36})$$

El número esperado de clientes en el sistema W está dado por:

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{1 - \rho_i} \right) \quad (\text{Fórmula 3.37})$$

donde W_i es el conjunto de clientes que esperan servicio en la estación i , más el cliente al que se le está proporcionando servicio en la etapa i .

Si la disciplina de la línea de espera es primero que llega, primero que se atiende (FIFO), entonces la esperanza del tiempo de espera de un cliente a lo largo del todo el sistema es:

$$T_s = T_{s_1} + T_{s_2} + \dots + T_{s_n} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\rho_i}{1 - \rho_i} \right) \left(\frac{1}{\mu_i} \right) \quad (\text{Fórmula 3.38})$$

Mientras que el tiempo total en todo el sistema (incluyendo los tiempos de servicio de las n estaciones) es:

$$T_w = T_{w_1} + T_{w_2} + \dots + T_{w_n} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\rho_i}{1 - \rho_i} \right) \left(\frac{1}{\mu_i} \right) \quad (\text{Fórmula 3.39})$$

3.3 Planteamiento del problema

Un CAT, como se definió anteriormente, es un lugar en donde se reciben llamadas telefónicas de clientes que buscan ser atendidos, ya sea para comprar, solicitar información o alguna atención necesaria para ellos.

También se mencionaron las principales características que conforman un CAT para la atención de llamadas, los clientes al llamar para solicitar un bien o servicio forman una fila esperando ser atendidos por un número definido de operadores (servidores), los cuales se tardan un tiempo promedio en atender una llamada, generando un tiempo promedio de espera en la fila.

En nuestro caso de estudio tenemos que toda llamada que entra en la campaña de ventas es un posible cliente que quiere comprar algún producto. Si dicho cliente espera mucho tiempo en la fila sin ser atendido, éste colgará el teléfono perdiendo así la posibilidad de venderle un servicio o en el mejor de los casos si realizara dos, tres o más llamadas hasta lograr ser atendido nos estaría generando mayor tráfico y una menor oportunidad de atender a otros clientes.

Si bien la solución más rápida es aumentar la plantilla operacional, es decir operadores, esto nos podría ocasionar que en horas de baja afluencia de llamadas un volumen considerable de operadores estuviera sin hacer nada, generando altos costos. Por lo que se debe tener una plantilla bien definida distribuida de acuerdo al comportamiento del flujo de llamadas.

Adicional a esta definición de plantilla, se deben considerar también todos los tiempos involucrados en el proceso de la llamada. Dentro de estos están: el tiempo de espera en la fila para ser atendido, el tiempo en responder la llamada, el tiempo de atención de la llamada y el tiempo de abandono. Al involucrar dichos tiempos tenemos que un cliente para llegar a ser atendido depende del tiempo que se tarde el operador en atender la llamada anterior, del tiempo que él este dispuesto a esperar y del tiempo

en que finalmente le conteste, ya que la suma de todos estos tiempos puede generar que el cliente se desespere y cuelgue generando una llamada abandonada.

Para el caso de la campaña de soporte, sucede lo mismo, con las únicas diferencias de que aquí se busca solucionarle al cliente algún problema sobre el producto o servicio y en caso de no ser atendido la molestia podría causar una solicitud de baja por parte del cliente.

Se puede observar que el problema que se busca solucionar es la distribución adecuada de los recursos humanos que se tienen para la atención de llamadas de soporte y ventas, distribuyéndolos de la mejor manera para disminuir los tiempos de atención, de espera y el porcentaje de abandono, así como incrementar el volumen de ventas dada la misma atención, incluso se puede proponer un incremento en la plantilla que mejore las condiciones de atención a los clientes sin descuidar los costos que esto generaría.

Para ello utilizaremos la teoría de líneas de espera, tomando en cuenta que nuestro modelo forma una fila en espera de ser atendidos por varios servidores en paralelo el modelo que utilizaremos es el explicado en el punto 3.2.3, una línea-servidores múltiples en paralelo-población Infinita.

3.4 Recolección de datos

Para la utilización del modelo seleccionado, una línea-servidores múltiples en paralelo-población Infinita, es necesario contar con la siguiente información: número promedio de llegadas por unidad de tiempo λ , el número promedio de servicios de cada servidor por unidad de tiempo μ , el número de clientes que están solicitando un servicio m y el número de servidores que están atendiendo S , los cuales para nuestro caso serán el número de operadores que se tienen contratados por intervalo de tiempo.

La unidad de tiempo que utilizaremos será 60 minutos para tener un control más eficiente por hora del número de operadores que atenderán las llamadas en el CAT. Para obtener el número promedio de llegadas (llamadas) por unidad de tiempo λ , se recurrió a utilizar la información histórica disponible del comportamiento de las llamadas durante toda la jornada de atención, obteniendo el porcentaje correspondiente a cada hora, a continuación se utilizaron los pronósticos obtenidos en el capítulo 2, los cuales son de un periodo de 30 días, para encontrar como se distribuyen por día las llamadas en cada intervalo de tiempo, quedando de la siguiente forma:

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Horas / Pronóstico	3553	11088	11035	10656	9944	9592	5362	3438	10953	10950	10604	9919	9582	5415	3521
8:00-9:00	78	244	243	234	219	211	118	76	241	241	233	218	211	119	77
9:00-10:00	176	550	548	529	494	476	266	171	544	543	526	492	476	269	175
10:00-11:00	259	809	805	778	726	700	391	251	799	799	774	724	699	395	257
11:00-12:00	300	938	932	900	840	810	453	290	925	924	895	837	809	457	297
12:00-13:00	321	1001	996	962	898	866	484	310	989	989	957	896	865	489	318
13:00-14:00	322	1006	1001	966	902	870	486	312	993	993	962	900	869	491	319
14:00-15:00	294	917	912	881	822	793	443	284	905	905	877	820	792	448	291
15:00-16:00	255	796	792	765	714	689	385	247	786	786	761	712	688	389	253
16:00-17:00	267	835	831	802	749	722	404	259	824	824	798	747	721	408	265
17:00-18:00	279	872	868	838	782	754	422	271	862	861	834	780	754	426	277
18:00-19:00	258	805	801	774	722	697	389	250	796	795	770	720	696	393	258
19:00-20:00	228	706	703	679	633	611	342	219	698	697	675	632	610	345	224
20:00-21:00	188	587	584	564	528	508	284	182	580	580	561	525	507	287	186
21:00-22:00	160	499	497	480	448	432	242	155	493	493	478	447	432	244	159
22:00-23:00	92	288	286	276	258	249	139	89	284	284	275	257	248	140	91
23:00-24:00	76	237	236	228	213	205	115	74	234	234	227	212	205	116	75

Tabla 3.1 Distribución de Llamadas de Ventas por Hora (1 al 15)

Día	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Horas / Pronóstico	10938	10935	10595	9920	9588	5476	3607	10925	10923	10538	9921	9594	5536	3693	10913
8:00-9:00	240	240	233	218	211	120	79	240	240	233	218	211	122	81	240
9:00-10:00	543	543	526	492	476	272	179	542	542	526	492	476	275	183	542
10:00-11:00	798	798	773	724	700	400	263	797	797	773	724	700	404	269	796
11:00-12:00	923	923	894	837	809	462	305	922	922	894	838	810	487	312	921
12:00-13:00	987	987	957	896	866	494	326	986	986	956	896	866	500	333	985
13:00-14:00	992	992	961	900	870	497	327	991	991	960	900	870	502	335	990
14:00-15:00	904	904	876	820	793	453	298	903	903	875	820	793	458	305	902
15:00-16:00	785	785	760	712	688	393	259	784	784	760	712	689	397	265	783
16:00-17:00	823	823	798	747	722	412	272	822	822	797	747	722	417	278	821
17:00-18:00	860	860	833	780	754	431	284	859	859	833	780	755	435	290	858
18:00-19:00	794	794	770	720	696	398	262	793	793	769	721	697	402	288	793
19:00-20:00	697	696	675	632	611	349	230	696	696	674	632	611	353	235	696
20:00-21:00	579	579	561	525	508	290	191	578	578	561	525	508	293	196	578
21:00-22:00	493	493	477	447	432	247	163	492	492	477	447	432	249	166	492
22:00-23:00	284	284	275	257	249	142	94	283	283	275	257	249	144	98	283
23:00-24:00	234	234	227	212	205	117	77	234	234	227	212	205	119	79	234

Tabla 3.1 Distribución de Llamadas de Ventas por Hora (16 al 30)

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Horas / Pronóstico	6818	17238	16342	15996	14561	13727	9183	6614	17083	16232	15917	14526	13687	9160	6602
0:00-1:00	132	334	315	310	282	266	178	128	331	314	308	281	265	177	128
1:00-2:00	48	120	114	111	102	96	64	46	119	113	111	101	95	64	46
2:00-3:00	18	47	44	43	39	37	25	18	48	44	43	39	37	25	18
3:00-4:00	10	26	24	24	22	21	14	10	26	24	24	22	20	14	10
4:00-5:00	5	13	13	12	11	11	7	5	13	13	12	11	11	7	5
5:00-6:00	5	12	12	11	10	10	7	5	12	12	11	10	10	7	5
6:00-7:00	8	20	19	18	17	16	11	8	20	19	18	17	16	10	8
7:00-8:00	27	69	65	64	58	55	37	26	68	65	64	58	55	37	26
8:00-9:00	139	352	334	327	298	280	188	135	349	332	325	297	280	187	135
9:00-10:00	294	742	704	689	628	591	395	285	736	699	685	626	589	394	284
10:00-11:00	408	1032	978	958	873	822	550	396	1023	972	953	870	819	548	395
11:00-12:00	480	1213	1150	1125	1026	966	646	465	1202	1142	1120	1022	963	644	464
12:00-13:00	510	1289	1222	1196	1090	1026	686	494	1277	1213	1190	1086	1023	685	484
13:00-14:00	509	1286	1219	1193	1088	1024	685	493	1274	1211	1187	1083	1021	683	482
14:00-15:00	495	1251	1186	1161	1058	996	667	480	1240	1178	1155	1054	993	665	479
15:00-16:00	438	1108	1050	1028	937	882	590	425	1098	1043	1023	934	880	589	424
16:00-17:00	500	1265	1199	1174	1070	1007	674	485	1254	1191	1168	1068	1004	672	484
17:00-18:00	530	1339	1270	1243	1133	1066	713	514	1327	1261	1237	1128	1063	712	513
18:00-19:00	501	1267	1201	1176	1072	1009	675	486	1256	1193	1170	1068	1006	673	485
19:00-20:00	457	1156	1096	1073	978	921	616	444	1146	1089	1068	975	918	615	443
20:00-21:00	422	1066	1011	989	902	849	568	409	1057	1004	985	898	847	567	408
21:00-22:00	373	943	894	875	798	751	502	362	935	888	871	795	749	501	361
22:00-23:00	303	766	726	711	648	610	408	294	759	721	707	645	608	407	293
23:00-24:00	207	522	495	485	442	416	278	200	517	492	482	440	415	277	200

Tabla 3.2 Distribución de Llamadas de Soporte por Hora (1 al 15)

Día	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Horas / Pronóstico	17064	16218	15906	14518	13682	9161	6606	17058	16213	15901	14515	13680	9164	6612	17052
0:00-1:00	330	314	308	281	265	177	128	330	314	308	281	265	177	128	330
1:00-2:00	119	113	111	101	95	64	46	119	113	111	101	95	64	46	119
2:00-3:00	46	44	43	39	37	25	18	46	44	43	39	37	25	18	46
3:00-4:00	26	24	24	22	20	14	10	26	24	24	22	20	14	10	26
4:00-5:00	13	13	12	11	11	7	5	13	13	12	11	11	7	5	13
5:00-6:00	12	12	11	10	10	7	5	12	12	11	10	10	7	5	12
6:00-7:00	20	19	18	17	18	10	8	20	19	18	17	18	10	8	19
7:00-8:00	68	65	64	58	55	37	26	68	65	64	58	55	37	26	68
8:00-9:00	349	331	325	297	280	187	135	349	331	325	297	280	187	135	348
9:00-10:00	735	698	685	625	589	395	284	735	698	685	625	589	395	285	734
10:00-11:00	1022	971	952	869	819	548	396	1021	971	952	869	819	549	396	1021
11:00-12:00	1200	1141	1119	1021	962	644	465	1200	1140	1118	1021	962	645	465	1199
12:00-13:00	1276	1212	1189	1085	1023	685	494	1275	1212	1189	1085	1023	685	494	1275
13:00-14:00	1273	1210	1186	1083	1020	683	493	1272	1209	1186	1083	1020	683	493	1272
14:00-15:00	1239	1177	1154	1054	993	665	479	1238	1177	1154	1053	993	665	480	1238
15:00-16:00	1097	1042	1022	933	879	589	425	1098	1042	1022	933	879	589	425	1096
16:00-17:00	1252	1190	1167	1065	1004	672	485	1252	1190	1167	1065	1004	672	485	1251
17:00-18:00	1326	1260	1236	1128	1063	712	513	1325	1260	1235	1128	1063	712	514	1325
18:00-19:00	1254	1192	1169	1067	1006	673	486	1254	1192	1169	1067	1006	674	486	1254
19:00-20:00	1145	1088	1067	974	918	615	443	1144	1088	1067	974	918	615	444	1144
20:00-21:00	1055	1003	984	898	846	567	409	1055	1003	984	898	846	567	409	1055
21:00-22:00	934	887	870	794	749	501	361	933	887	870	794	749	501	362	933
22:00-23:00	758	721	707	645	608	407	293	758	720	706	645	608	407	294	758
23:00-24:00	517	491	482	440	414	277	200	517	491	482	440	414	278	200	517

Tabla 3.2 Distribución de Llamadas de Soporte por Hora (16 al 30)

Las llamadas en el CAT se distribuyen de manera uniforme de lunes a viernes, presentándose otra distribución uniforme sábados y domingos, lo que nos hace considerar la necesidad de calcular dos tablas con valores distintos de λ para cada periodo mencionado, tanto para ventas como soporte. Entonces, de los datos anteriores, tendríamos las siguientes tablas:

Horas	L-V	S-D
8:00-9:00	229	97
9:00-10:00	518	218
10:00-11:00	762	321
11:00-12:00	881	371
12:00-13:00	942	397
13:00-14:00	947	399
14:00-15:00	863	364
15:00-16:00	749	316
16:00-17:00	786	331
17:00-18:00	821	346
18:00-19:00	758	320
19:00-20:00	665	280
20:00-21:00	553	233
21:00-22:00	470	198
22:00-23:00	271	114
23:00-24:00	223	94

Tabla 3.3 Valores de λ para Ventas

Horas	L-V	S-D
0:00-1:00	302	150
1:00-2:00	109	54
2:00-3:00	42	21
3:00-4:00	23	12
4:00-5:00	12	6
5:00-6:00	11	6
6:00-7:00	18	9
7:00-8:00	62	31
8:00-9:00	318	159
9:00-10:00	671	335
10:00-11:00	933	465
11:00-12:00	1096	546
12:00-13:00	1165	581
13:00-14:00	1162	579
14:00-15:00	1131	564
15:00-16:00	1001	499
16:00-17:00	1143	570
17:00-18:00	1210	604
18:00-19:00	1145	571
19:00-20:00	1045	521
20:00-21:00	964	481
21:00-22:00	852	425
22:00-23:00	692	345
23:00-24:00	472	235

Tabla 3.4 Valores de λ para Soporte

A continuación se muestra el número promedio de llamadas atendidas por operador en cada intervalo de tiempo μ , el cual fue calculado a partir del volumen de llamadas pronosticadas y distribuidas por hora entre el número de operadores que se encuentran en ese intervalo atendiéndolas:

Horas	L-V	S-D
8:00-9:00	7	5
9:00-10:00	4	2
10:00-11:00	6	4
11:00-12:00	6	4
12:00-13:00	7	4
13:00-14:00	7	5
14:00-15:00	6	4
16:00-16:00	6	4
16:00-17:00	6	3
17:00-18:00	7	3
18:00-19:00	6	3
19:00-20:00	5	3
20:00-21:00	4	3
21:00-22:00	3	2
22:00-23:00	2	2
23:00-24:00	2	2

Tabla 3.5 Valores de μ para Ventas

Horas	L-V	S-D
0:00-1:00	3	3
1:00-2:00	5	8
2:00-3:00	2	3
3:00-4:00	1	2
4:00-5:00	1	1
5:00-6:00	1	1
6:00-7:00	2	1
7:00-8:00	1	1
8:00-9:00	3	3
9:00-10:00	4	3
10:00-11:00	5	5
11:00-12:00	5	4
12:00-13:00	6	5
13:00-14:00	5	5
14:00-15:00	5	5
15:00-16:00	9	7
16:00-17:00	11	7
17:00-18:00	9	6
18:00-19:00	8	5
19:00-20:00	7	5
20:00-21:00	6	5
21:00-22:00	6	5
22:00-23:00	5	4
23:00-24:00	4	3

Tabla 3.6 Valores de μ para Soporte

Por último, tenemos que el número de operadores (servidores) disponibles para atender a los clientes que llaman por intervalo de tiempo para cada campaña, quedando de la siguiente forma:

Ventas Horas	Operadores		
	L-V	Sábado	Domingo
8:00-9:00	49	35	17
9:00-10:00	185	161	96
10:00-11:00	187	161	96
11:00-12:00	186	161	96
12:00-13:00	186	161	96
13:00-14:00	186	160	96
14:00-15:00	184	158	95
15:00-16:00	173	146	100
16:00-17:00	186	152	106
17:00-18:00	189	153	107
18:00-19:00	191	154	107
19:00-20:00	190	154	107
20:00-21:00	190	153	107
21:00-22:00	189	153	107
22:00-23:00	13	4	6
23:00-24:00	10	4	5

Tabla 3.7 Número de operadores para Ventas

Soporte Horas	Operadores		
	L-V	Sábado	Domingo
0:00-1:00	104	108	53
1:00-2:00	17	17	9
2:00-3:00	16	16	9
3:00-4:00	16	16	9
4:00-5:00	16	16	9
5:00-6:00	16	16	9
6:00-7:00	15	14	8
7:00-8:00	97	75	18
8:00-9:00	130	95	47
9:00-10:00	214	151	83
10:00-11:00	226	158	87
11:00-12:00	263	193	123
12:00-13:00	263	192	122
13:00-14:00	262	190	122
14:00-15:00	256	185	119
15:00-16:00	138	101	82
16:00-17:00	145	106	83
17:00-18:00	186	121	113
18:00-19:00	206	130	123
19:00-20:00	206	129	123
20:00-21:00	205	128	123
21:00-22:00	191	118	117
22:00-23:00	178	107	113
23:00-24:00	152	91	102

Tabla 3.8 Número de operadores para Soporte

3.5 Modelado de datos como una línea de espera

Una vez que ya se obtuvieron todos los datos del volumen de llamadas que entran al CAT, a partir de la realización de los pronósticos y de la obtención de las distribuciones de estas llamadas, podemos iniciar con el modelado de los datos en un sistema de líneas de espera.

Por principio se supone que λ tiene una distribución de Poisson y que los valores para μ siguen una distribución Exponencial Negativa (ver la demostración de estos supuestos en el Apéndice B). Como se mencionó en la sección 3.2.3 se tienen dos fórmulas generales para este tipo de modelo, cuando m (número de elementos en la línea de espera y en las estaciones de servicio) es mayor que S (número de servidores), cuya probabilidad de que algún cliente abandone el sistema después de recibir su servicio en el intervalo de tiempo Δt es $S\mu\Delta t$ y cuando S es mayor que m , dicha probabilidad es $m\mu\Delta t$.

En esta sección utilizaremos las fórmulas del modelo de líneas de espera con servidores múltiples aplicadas al caso específico de ventas, tomando un intervalo de tiempo como ejemplo, ya que en el capítulo 5 se desarrollará un software que utilice todos los datos y haga los cálculos de manera automática, realizando las validaciones correspondientes.

Iniciaremos utilizando los datos de ventas, de 8 a 9 de lunes a viernes, los cuales son los siguientes: $\lambda = 229$; $\mu = 7$ y $S = 49$. El primer valor a calcular es el factor de utilización del sistema con servidores múltiples ρ_s , si éste es menor que 1 indica que no se formará una fila infinita y que se podrá dar servicio, por unidad de tiempo, a todas las llamadas que se dan en el intervalo de tiempo establecido, si este factor de utilización fuera mayor que 1 indicaría la necesidad inmediata de añadir más servidores al sistema. Aplicando la fórmula se obtiene:

$$\rho_s = \lambda / S\mu = 229 / (49 (7)) = 0.66764 < 1.$$

Ahora calcularemos el valor de $P_0(t)$, es decir, la probabilidad de que al momento de arribar a la cola no se encuentren elementos en ella:

$$\begin{aligned}
 P_0(t) &= \left[\sum_{m=0}^{s-1} \frac{1}{m!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m + \frac{1}{S!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S \left(\frac{S\mu}{S\mu - \lambda}\right) \right]^{-1} \\
 &= \left[\sum_{m=0}^{48} \frac{1}{m!} \left(\frac{229}{7}\right)^m + \frac{1}{49!} \left(\frac{229}{7}\right)^{49} \left(\frac{(49)(7)}{(49)(7) - 229}\right) \right]^{-1} \\
 &= 0.00000000000000061968
 \end{aligned}$$

este valor indica que la probabilidad de arribar a la cola y encontrarla vacía es muy cercana a cero, dada la gran cantidad de llamadas, el porcentaje es previsible.

El siguiente valor a calcular es el largo de la línea L , el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$L = \frac{\lambda\mu\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^S}{(S-1)!(S\mu - \lambda)^2} P_0(t) = 0.00271$$

es decir, que habría 0.00217 llamadas formados en la cola en ese horario.

El número de elementos en el sistema W , es igual a:

$$W = L + \frac{\lambda}{\mu} = 32.717$$

que son las llamadas totales en el sistema, tanto formadas como siendo atendidas.

El tiempo promedio de espera en la cola T_s , es:

$$T_s = \frac{L}{\lambda} = 0.00001182$$

convirtiendo el tiempo de espera a segundos, la espera es menor a un segundo.

Por último, el tiempo de espera en el sistema T_w es:

$$T_w = T_s + \frac{1}{\mu} = 0.14287$$

convirtiendo el tiempo en el sistema a minutos tenemos que la espera total en el sistema es de 8 minutos y 34 segundos.

Se puede observar que el número de llamadas en espera durante esta hora son mínimas, el número de llamadas formadas y siendo atendidas es de 32, el tiempo de espera en la cola es menor a un segundo y el tiempo de espera total es de 8:34 segundos; el comportamiento es muy estable y podríamos realizar el ejercicio con un número menor de servidores. A continuación se muestra una tabla donde se ejemplifican diversos escenarios de acuerdo al aumento o disminución en el número de servidores.

S	Factor de utilización (ρ_s)	$P_0(t)$	Tamaño de la cola (L)	Elementos en el sistema (W)	Tiempo de espera en la cola (T_s)	Tiempo en el sistema (T_w) en minutos
33	99.13%	0.00000000000000007304	0.00957	32.72	0.000037	8.57
40	81.79%	0.00000000000000059470	0.03643	32.75	0.000159	8.58
45	72.70%	0.0000000000000061762	0.01095	32.73	0.000048	8.57
48	68.15%	0.0000000000000061947	0.00397	32.72	0.000017	8.57
49	66.76%	0.0000000000000061968	0.00271	32.72	0.000012	8.57
55	59.48%	0.0000000000000061996	0.00018	32.71	0.000001	8.57

Tabla 3.9 Indicadores para distinto número de servidores en ventas

Analizando la tabla observamos que el tiempo de espera en la cola es muy bajo en todos los escenarios y el tiempo de atención es igual en todos los casos, excepto para

40 servidores donde varía un segundo. Los elementos en el sistema tampoco varían ya que se sigue hablando del mismo número de llamadas y estas no superan la capacidad de atención, el cual se observa en el factor de utilización que siempre es menor a uno, es este mismo valor el que nos indica cual es el número mínimo de servidores que podemos tener sin que se forme una cola infinita. Al acercarse este valor casi a uno estamos asegurando que todos los servidores se encuentren en uso, sin afectar los tiempos de atención y espera, ya que en ningún caso se eleva considerablemente. Esto quiere decir, que para la campaña de ventas, en el horario de ocho a nueve de la mañana, de lunes a viernes, es recomendable contar con 33 operadores trabajando, obteniendo tiempos óptimos de atención y respondiendo todo el volumen de llamadas en mencionado periodo.

3.6 Conclusiones

Una vez que estudiamos todos los elementos que componen una línea de espera, podemos concluir que nuestro caso de estudio tiene un comportamiento tal que nos permite asegurar que se puede modelar a través de la teoría de colas, ya que tenemos clientes que requieren un servicio (llamadas), proporcionado por uno o más servidores (operadores), en un determinado periodo (tiempos).

Para ejemplificar tal uso, utilizamos los valores de la campaña de venta de ocho a nueve de la mañana, de lunes a viernes, al reemplazar los valores en las fórmulas establecidas para el modelo de una línea de servidores múltiples en paralelo, obtuvimos datos que nos permitieron saber el número de servidores que es necesario tener disponibles para la atención de nuestros clientes en ese periodo de tiempo. Sin embargo, es a partir de estos valores donde observamos también que el grado de complejidad para el cálculo de los parámetros de uso del sistema se irá incrementando, ya que éstos no sólo son de una hora y tampoco son tan pequeños como la hora inicial, existiendo horas en donde el flujo es mayor a mil llamadas y el número de servidores se incrementa hasta casi 200. El uso mismo de las fórmulas que involucran factoriales y

potencias del número de servidores es lo que hace que pensemos en la simulación como una opción viable para el modelado de nuestro CAT, sin olvidar que nuestro sistema tiene un comportamiento de línea de espera.

Es en el siguiente capítulo donde mostraremos los elementos de la simulación y realizaremos el modelado a través de esta herramienta, con la finalidad de comparar ambas metodologías para nuestro caso de estudio.

Capítulo 4. Simulación de una Línea de Espera en un Centro de Atención Telefónica

Objetivo: Desarrollar el proceso de simulación a partir de una línea de espera en un Centro de Atención Telefónica que permita identificar los probables focos rojos dentro de la operación, a fin de proponer acciones preventivas evitando posibles errores y optimizando al máximo los niveles de servicio y la atención al cliente

4.1 Introducción

El desarrollo de la simulación se da a partir del inicio de la era digital, esta herramienta se ha extendido significativamente en los últimos años, en áreas como Economía, Finanzas, Sistemas de Líneas de Espera, Análisis y Evaluación de Mercados, por mencionar algunas de ellas. De acuerdo a Robert E. Shannon "simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema".

La simulación es un área de estudio que forma parte de la Investigación de Operaciones (IDO), la cual es usada prácticamente en todas las áreas de estudio conocidas, permite estudiar un sistema sin tener que realizar experimentación sobre el sistema real. Ésta no es la única forma de estudiar un sistema; otra posibilidad es construir un modelo analítico conformado por un conjunto de ecuaciones que representan al sistema para luego resolverlo para diferentes situaciones, o bien plantear un modelo de optimización que pretende proporcionar la mejor estrategia que el sistema debe adoptar para funcionar mejor de acuerdo con alguna medida de rendimiento establecida en la "función objetivo" y satisfaciendo las diversas condiciones del problema, establecidas en "las restricciones".

Los modelos que se obtienen como un conjunto de ecuaciones se denominan con frecuencia modelos analíticos, es decir modelos de ecuaciones diferenciales o de optimización. La construcción de un modelo analítico tiene con frecuencia serios inconvenientes como la dificultad de encontrar el modelo de ecuaciones que representen al sistema real y la dificultad para resolver el modelo. Además, con frecuencia se requiere que los individuos que participan en el equipo deben tener una gran capacitación y destreza, de modo que estos equipos de trabajo suelen ser costosos.

En contraparte, para obtener modelos de simulación, los equipos de trabajo pueden estar conformados por personas con menor calificación, de modo que la coordinación de estos equipos es en general más simple y casi siempre más económico. Con esto no se pretende decir que los modelos analíticos sean inútiles, ya que existen cierto tipo de problemas, para los cuales se conoce la forma de obtención del modelo así como la manera de construir un algoritmo eficiente para resolverlo, pero la mayoría de los sistemas reales sólo pueden ser estudiados a través de la simulación para evitar costos excesivos.

Un modelo es una representación de un objeto de interés. No obstante que el objeto sea único, el número de representaciones es por lo general muy grande, de modo que el número de modelos de un sistema del mundo real lo es también. Puesto que para un sistema del mundo real habrá tantas representaciones como concepciones de la realidad se tengan, el número de modelos es por lo general infinito. El hecho de que se tenga más de un modelo de simulación para un sistema real, no nos debe preocupar demasiado, encontrar un modelo de simulación casi siempre es fácil, mientras que encontrar un modelo analítico con frecuencia es una tarea ardua, además de que para muchos problemas, un modelo analítico, simplemente no existe.

El propósito de estudiar a los sistemas reales a través de la simulación es comprender la interacción de los procesos que intervienen en él, con el propósito de modificarlos para obtener un beneficio determinado. Un modelo de simulación

representa un conjunto de suposiciones (o postulados) sobre la operación de un sistema real y los postulados de un modelo de simulación se pueden expresar como relaciones entre entidades u objetos de interés del sistema en forma de expresiones matemáticas, lo que llevaría a un modelo analítico. Afortunadamente, es posible reemplazar esas expresiones matemáticas y el cálculo de los valores de las variables de interés, a través de funciones de distribución de probabilidad.

Podemos resumir que la simulación es la imitación de la operación de un proceso del mundo real en un tiempo determinado y surge debido a que es muy complejo intentar en la realidad mover variables para ver el comportamiento de los sistemas, es fácil percatarse que el poder aplicar la simulación en un centro de atención telefónica será de mucha utilidad en la toma de decisiones, ya que, sin afectar a los clientes podemos jugar con las variables que están involucradas en la operación y analizar su comportamiento. En este capítulo seguiremos las etapas del proceso de simulación, las cuales son: Definición del sistema, formulación del modelo, recolección de datos, implementación del modelo en la computadora, validación, experimentación e interpretación de resultados.

4.2 Definición del sistema y formulación del modelo

Para saber que es lo exactamente se desea simular, es necesario realizar un análisis preliminar del sistema, con el fin de determinar su interacción, sus restricciones, las variables involucradas y sus interrelaciones, las medidas de efectividad que se van a utilizar para definirlo y estudiarlo y los resultados que se esperan obtener del mismo.

Para nuestro caso de estudio, tenemos que el sistema es un Centro de Atención Telefónica el cual recibe x número de llamadas de clientes, que desean algún tipo de servicio en una unidad de tiempo, los cuales son atendidos por y número de personas en t tiempo de atención, esto puede generar una cola de espera de acuerdo a la saturación que tengamos del personal que atiende, contra el número de personas que están llamando. Nuestro objetivo es determinar el número de operadores necesarios

para cubrir la demanda de llamadas con un tiempo de atención ideal; para ello se generarán distintos escenarios para determinar el comportamiento del sistema e implementar este modelo.

Nuestras variables del sistema son: Número de llamadas, tiempo promedio de abandono, tiempo promedio de respuesta, tiempo promedio de espera, número de operadores, tiempo promedio de servicio, porcentaje de abandono y tiempo entre llegadas, las cuales indican el proceso de atención de una llamada de un cliente. El proceso de atención se puede representar mediante el diagrama 4.1.

Al saber cuales son los resultados que queremos, nuestro siguiente paso es definir y construir el modelo que nos permita obtenerlos.

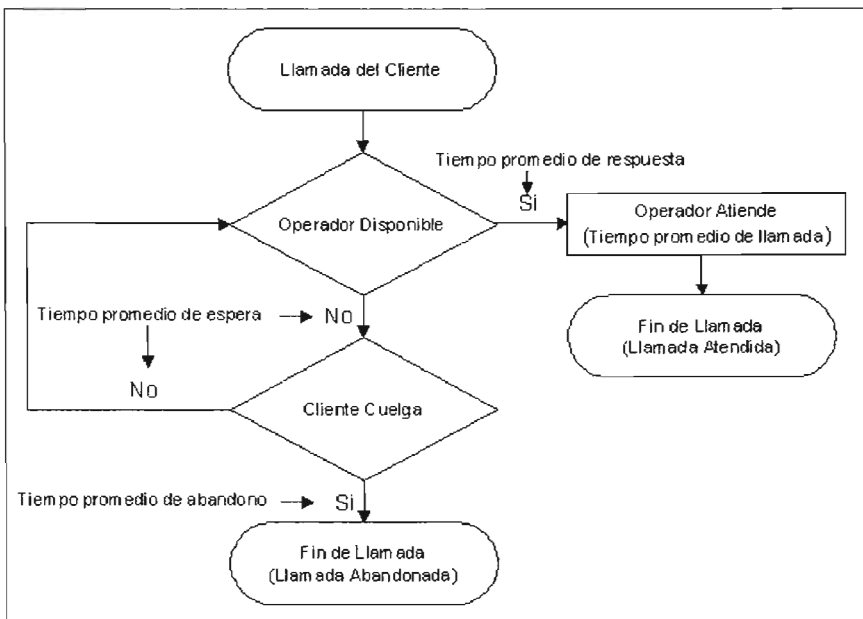


Figura 4.1 Diagrama de flujo de atención de una llamada

Nuestro modelo tiene un comportamiento de línea de espera, servidores múltiples en paralelo y población infinita. Formulando el modelo a partir de nuestras variables, anteriormente definidas y del comportamiento del CAT, tendríamos lo siguiente:

1. Entra una llamada, que representa a un cliente, el cual busca ser atendido. El tiempo entre una llamada y otra esta dado por el tiempo entre llegadas y será representado por una variable aleatoria.
2. Si hay un operador que no esté atendiendo a un cliente le llega la llamada, en caso contrario la llamada se formará en una cola.
3. Si el cliente es atendido se genera un tiempo de servicio y un tiempo de respuesta, al terminar el tiempo de atención el operador queda libre para atender otra llamada, siendo éste el escenario ideal, donde no se abandona ninguna llamada.
4. Si no hay operadores disponibles y la llamada está en la cola, se genera un tiempo promedio de espera, durante el cual el cliente decide si cuelga o espera hasta que se desocupe un operador y sea atendido.
5. Si decide colgar entonces se genera una llamada abandonada y un tiempo de abandono.

Este comportamiento se repite por cada llamada que entra, formando así la línea de espera. Al usar la simulación estamos obteniendo ventajas sobre la Teoría de Líneas de Espera, porque un modelo matemático de línea de espera que contenga todos estos elementos sería muy complejo, ya que como se vio en el capítulo anterior, el cálculo de algunos valores a partir de las fórmulas se complica, además de que se dan varios supuestos que en la realidad es difícil que se cumplan, uno de ellos, que es muy importante, es que las llamadas formadas en la cola permanecen en ella hasta que son servidos, lo cual en la realidad puede no ocurrir como se observa en nuestro planteamiento, en dónde existen clientes que si no son atendidos rápido pueden abandonar la fila. En el siguiente punto se definirá la fuente de información de los datos a utilizar, así como los que serán obtenidos con el proceso de simulación.

4.3 Recolección de información

Para el modelo que vamos a utilizar, de acuerdo al punto 4.2, requerimos de los siguientes datos.

- † El número de llamadas, se obtendrán de los pronósticos, determinando su volumen por hora. (Capítulo 3, tablas 3.1 y 3.2).
- † Número de servidores, es decir, el número de operadores por hora que atienden llamadas (Capítulo 3, tablas 3.7 y 3.8).
- † El tiempo promedio de servicio, el cual se obtendrá a través de los valores históricos del mismo periodo de pronóstico, generando tablas de distribución de probabilidad exponencial negativa para la simulación.
- † El tiempo promedio de espera que sigue una distribución Normal con media de 20 segundos, dichos valores los tomamos a partir de que el valor estándar internacional de un CAT para el tiempo de espera de un cliente es máximo 20 segundos, sin embargo esto no quiere decir que este valor sea único, pudiendo ser mayor o menor, es por esto que la media se toma en 20.
- † El tiempo entre llegadas será obtenido generando números aleatorios con distribución Exponencial Negativa ya que si ocurren llegadas con distribución Poisson, entonces el tiempo entre llegadas (tiempo que transcurre entre una llegada y otra) será de acuerdo con la distribución Exponencial Negativa (ver demostración en el Apéndice C).
- † El tiempo promedio de abandono el cual se obtendrá de la simulación.
- † El tiempo promedio de respuesta el cual se obtendrá de la simulación.
- † Porcentaje de abandono, éste será dado por la simulación y nos indicará el grado de no atención que estamos teniendo con los clientes.

Una vez que se tienen todos los datos procederemos a simular el comportamiento de la línea de espera.

4.4 Implementación del modelo y validación

De acuerdo al modelo de simulación planteado en la sección 4.2, lo primero que requerimos para simular la operación de cualquiera de las campañas de atención a clientes en ventas y soporte telefónico es el tiempo entre llamadas, el cual se obtuvo a partir del volumen de clientes atendidos en un día x , para muestra tomamos el día 24 de junio, con esto calculamos el tiempo promedio entre llamadas, dato que fue utilizado para generar números aleatorios de dicho valor, con una distribución exponencial negativa (ver demostración en apéndice C).

Una vez que se tiene el tiempo entre llamadas necesitamos el volumen de llamadas que se recibirán durante la jornada, las cuales se obtienen de los pronósticos realizados en el capítulo 2 y desglosados por hora en el capítulo 3. Es a partir de estas llamadas que se calcula un número aleatorio para su distribución a lo largo del tiempo de simulación. Las llamadas aleatorias se obtienen utilizando la fórmula 4.1.

$$x = -\frac{1}{\lambda} \ln R \quad (\text{Fórmula 4.1})$$

donde

R = variable aleatoria uniforme

λ = tasa promedio de servicio por unidad de tiempo = Llamadas / 60 minutos

Es con estos datos que podemos saber la hora de llegada de cada una de las llamadas, ahora obtendremos el tiempo promedio de espera estimado para cada cliente.

Para el cálculo del tiempo espera asumimos que el comportamiento que sigue es el de una distribución normal, esto a partir de que el estándar internacional del tiempo de espera de cada cliente establece un máximo de 20 segundos para campañas de

ventas y de 40 segundos para campañas de asesoría técnica con una desviación de mas menos 10 y 20 segundos respectivamente.

Es por esto que para calcular el tiempo de espera estimado para cada llamada se generó un número aleatorio con distribución normal con los parámetros mencionados, para ello se utilizó la fórmula 4.2.

$$x = \mu + \sigma \left(\sum_{i=1}^{12} R_i - 6 \right) \text{ (Fórmula 4.2)}$$

donde

R_i = variable aleatoria uniforme

μ = tiempo promedio de espera por unidad de tiempo

σ = desviación estándar

El siguiente paso es obtener el tiempo de servicio, el cual se calculó a partir de la media de servicio por número de llamadas y después se utilizó la fórmula 4.1 para generar números aleatorios con distribución exponencial negativa. Sumando este valor a la hora de llegada, siempre y cuando el cliente sea atendido, nos permite obtener la hora de salida de cada llamada.

A partir de todos estos cálculos la lógica que se sigue es la siguiente: con el primer valor aleatorio del tiempo entre llegada se obtiene la hora en la que arriba la primer llamada, la cual será atendida por el primer operador desocupado, como a la primer llamada no se genera tiempo real de espera, entonces la llamada es atendida inmediatamente, es decir la hora de atención es igual a la hora de llegada. Con el tiempo de servicio se determina cuánto tiempo estará ocupado el primer operador, el cual ya tiene asociado una hora de salida a partir de dicho tiempo de servicio. Para las siguientes llamadas lo primero que buscaremos es un operador desocupado o el más

próximo a desocuparse, si el tiempo real de espera es mayor que el tiempo de espera estimado entonces el cliente abandona la llamada, en caso contrario será atendido por el operador, en ambos casos se genera una hora de llegada a partir del tiempo entre llegadas más la hora de la llegada anterior, la hora de atención está dada por la hora de llegada más el tiempo real de espera, el tiempo de servicio sólo aplica en caso de ser atendido y la hora de salida si se atiende la llamada es la hora de atención más el tiempo de servicio, si no se atiende la llamada la hora de salida es igual a la hora de llegada más el tiempo estimado de espera y se califica como llamada abandonada.

Para ejemplificar este comportamiento y validar que nuestro modelo se comporte como lo necesitamos realizaremos una simulación de la primer hora de atención, tanto para ventas como soporte, utilizando el segundo día del pronóstico (lunes); para ello se elaboró un programa que realiza los cálculos necesarios. Los resultados de la simulación para este periodo de tiempo se pueden ver en el apéndice D.

A partir de los datos mostrados en dicho apéndice, podemos resumir que el modelo está distribuyendo llamadas hacia los operadores de acuerdo a las condiciones que establecimos con anterioridad, las cuales están basadas en la operación real diaria del CAT, generando tiempos de llegada y de servicio similares a los de operación (ver apéndice D), el proceso total simulado fue comparado contra los datos reales generados para ese día en esa hora, permitiéndonos observar que el comportamiento general de atención de llamadas y de ocupación de operadores es similar al real, en el que de acuerdo al número de operadores las llamadas son atendidas sin tiempo de espera, sin abandono y en el caso de soporte teniendo demasiados operadores para tan pocas llamadas.

En el siguiente punto probaremos distintos escenarios variando el número de operadores que atienden las llamadas, buscando el valor más adecuado para asegurar la atención de las llamadas con el mínimo volumen de operadores.

4.5 Experimentación del modelo

La experimentación con el modelo se debe realizar una vez que éste ha sido validado. Ésta consiste en generar los datos deseados y realizar un análisis de los índices requeridos a partir de la simulación de diversos escenarios.

Utilizando el programa mencionado en el punto anterior realizamos la simulación para la campaña de ventas con 40, 30 y 25 operadores, tomando en cuenta que estos datos son únicamente para las llamadas de 08:00 a 09:00 a.m.

Los datos que nos interesan medir o comparar son básicamente el % de abandono, tiempo real de espera y el número promedio de llamadas por operador, ya que como se mencionó en el capítulo 1, el estándar internacional de los CATs nos indica que el % de abandono no debe exceder el 5% y el tiempo de espera de un cliente en campañas de ventas no debe ser mayor a 4 timbrazos del teléfono, lo que equivale a 20 segundos aproximadamente.

Los resultados obtenidos de la simulación se resumen en la tabla 4.1.

Operadores	Llamadas Recibidas	Llamadas Atendidas	Llamadas Abandonadas	% Abandono	Tiempo promedio de abandono	Tiempo promedio de Espera	Tiempo Real de Espera	Tiempo promedio de Servicio	Promedio de llamadas x operador
49	237	237	0	0.00%	0	19	0	6.5	4.9
40	237	237	0	0.00%	0	19	0	6.5	5.9
30	237	228	9	3.80%	18	19	2	6.5	7.6
25	237	203	34	14.35%	16	19	5	6.5	8.1

Tabla 4.1 Resumen de la simulación para ventas

Para la campaña de soporte realizaremos la simulación con 250, 200, 100, 50, 40 y 35 operadores comparando los mismos parámetros que en la campaña de ventas, sólo que para soporte el número de timbrazos que puede dar el teléfono antes de ser respondido por un operador es de 8, lo que representa 40 segundos aproximadamente de tiempo de espera.

Los resultados obtenidos de la simulación se muestran en la tabla 4.2.

Operadores	Llamadas Recibidas	Llamadas Atendidas	Llamadas Abandonadas	% Abandono	Tiempo promedio de abandono	Tiempo promedio de Espera	Tiempo Real de Espera	Tiempo promedio de Servicio	Promedio de llamadas x operador
318	370	370	0	0.00%	0	30	0	6.9	1.2
250	370	370	0	0.00%	0	30	0	6.9	1.5
200	370	370	0	0.00%	0	30	0	6.9	1.9
100	370	370	0	0.00%	0	30	0	6.9	3.7
50	370	370	0	0.00%	0	30	0	6.9	7.4
40	370	353	17	4.59%	23	30	7	6.9	8.9
35	370	329	41	11.08%	24	30	12	6.9	9.4

Tabla 4.2 Resumen de la simulación para soporte

4.6 Interpretación de resultados

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 4.1, campaña de ventas, podemos observar que al utilizar 40 operadores el comportamiento es muy similar a los 49 que se tienen, es decir, no existe abandono y lo único que varía es el número de llamadas por operador, sin embargo, como todavía no se tiene abandono esto nos permite reducir el número de operadores.

Al analizar la simulación con 35 operadores tenemos que el abandono es de 3.8%, el tiempo promedio de abandono es de 18 segundos y el tiempo real de espera es de 2 segundos, lo que quiere decir que podemos tener este número de operadores sin afectar la operación y si modificando la distribución de los mismos a horas en dónde existan picos de llamadas.

Por último se realizó una simulación con 30 operadores, obteniendo como resultado un abandono del 14.35%, si bien el tiempo promedio de abandono es de 16 segundos y el tiempo real de espera de 5 segundos, tan sólo con el hecho de tener un abandono superior al 5% esta opción queda descartada, ya que el volumen de clientes inconformes es muy alto y estos mismos pueden generarnos mayor número de llamadas al marcar en más de una ocasión.

En el caso de la campaña de soporte los resultados nos indican lo siguiente (tabla 4.2): Al revisar la simulación con 250, 200, 100 e incluso hasta 50 operadores, vemos que lo único que varía es el promedio de llamadas por operador, indicando que están atendiendo a más clientes cada uno debido a la reducción de éstos, sin embargo, no se ve afectación en la atención a los clientes, no hay abandono y el tiempo de espera sigue siendo nulo para los clientes que llaman.

Cuando analizamos la simulación con 40 operadores vemos que el abandono es del 4.59%, el tiempo promedio de abandono de 23 segundos y el tiempo real de espera de 7 segundos, con casi 9 llamadas atendidas en promedio por operador, con esto podemos decir que es el número adecuado de operadores que se necesitan para atender el volumen de llamadas generado a esa hora sin afectar la atención al cliente, ya que si vemos la simulación con 35 operadores el abandono se dispara al 11.08%, indicándonos que ya existe un volumen considerable de clientes no atendidos.

Podemos concluir que de acuerdo a los resultados obtenidos para ambas simulaciones, ventas y soporte, nuestro ideal de operadores para ese horario, 08:00 a 09:00 a.m., y con ese número de llamadas recibidos es de 30 para ventas y de 40 para soporte.

4.7 Conclusiones

Como vimos en este capítulo el desarrollo de un proceso de simulación para líneas de espera se adapta muy bien a la operación de un CAT, ya que la flexibilidad para adaptar varias variables es más sencillo que en un modelo matemático, además la facilidad para experimentar nos permite crear diversos escenarios en poco tiempo, los cuales se pueden ir comparando sin necesidad de esperar demasiado.

La simulación también nos permitirá elaborar un sistema que incorpore todas las variables de operación de un CAT y que además pueda ser utilizado por las personas encargadas de la toma de decisiones sin necesidad de tener demasiados

conocimientos matemáticos, sólo requiriendo capacitación para el manejo del sistema, ya que la interpretación la hará él mismo.

En el capítulo 5 se elaborará un programa partiendo de lo revisado en este capítulo, es decir un programa que pueda simular diversos escenarios para la operación.

Capítulo 5. Desarrollo de un programa de simulación para Líneas de Espera en un Centro de Atención Telefónica

Objetivo: Conocer los fundamentos de la ingeniería de software y aplicarlos en el desarrollo de un programa de cómputo, que permita simular la operación de un Centro de Atención Telefónica, tomando en cuenta la información generada anteriormente y los parámetros óptimos de atención al cliente

5.1 Marco teórico para el desarrollo de sistemas

La palabra sistema es posiblemente el término más usado y abusado del léxico técnico. Hablamos de todo tipo de sistemas, políticos, educativos, de fabricación, bancarios, etc., si embargo la palabra puede no decirnos gran cosa. En sí un sistema se define como un conjunto o disposición de cosas relacionadas de manera que forman una unidad o un todo orgánico, existe otra definición que es un poco más completa que la anteriormente descrita, un sistema es un conjunto de hechos, principios, reglas, etc., clasificadas y dispuestas de manera ordenada mostrando un plan lógico de unión de las partes.

Un sistema basado en computadora, es un sistema de información que comprende un conjunto o disposición de elementos que están organizados para realizar un objetivo predefinido procesando información.

El objetivo del sistema de computadora puede soportar alguna función de negocio o desarrollar un producto que pueda venderse para generar beneficios. Para conseguirlo, un sistema de información hace uso de varios elementos:

- t Software. Programas de computadora, estructuras de datos y su documentación, que sirven para hacer efectivo el método lógico, procedimiento o control requerido.

- † Hardware. Dispositivos electrónicos que proporcionan capacidad de cálculo, dispositivos de interconexión y dispositivos electromecánicos, que proporcionan una función externa del mundo real.
- † Personas. Usuarios y operadores del hardware y software.
- † Documentación. Manuales, formularios y otra información descriptiva que plasma el empleo y/o funcionamiento del sistema.
- † Procedimientos. Los pasos que definen el empleo específico de cada elemento del sistema.

A continuación examinaremos las tareas que constituyen la elaboración de un sistema de computadora.

5.1.1 Análisis e identificación de requerimientos

El análisis de requerimientos es una tarea de ingeniería de software que cubre el hueco entre la definición del software a nivel sistema y el diseño del mismo. Este análisis permite especificar las características operacionales del software e indica la interfaz del mismo con otros elementos del sistema y establece las restricciones que debe cumplir.

El análisis de requerimientos de software puede dividirse en cinco áreas principales: reconocimiento del problema, evaluación y síntesis, modelado, especificación y revisión. Es importante entender el software en el contexto de un sistema y revisar el ámbito que se empleó para planear su desarrollo. Se debe establecer la comunicación para el análisis de manera que se garantice un correcto reconocimiento del problema. El objetivo del analista es el reconocimiento de los elementos básicos del problema tal y como los percibe el cliente/usuario.

El analista debe definir todos los objetos de datos observables externamente, evaluar el flujo y contenido de la información, definir y elaborar todas las funciones del software, entender el comportamiento del software en el contexto de acontecimientos que afectan al sistema, establecer las características de la interfaz del sistema y

descubrir restricciones adicionales del diseño. Cada una de estas tareas sirve para describir el problema de manera que se pueda sintetizar un enfoque o solución global.

El proceso de evaluación y síntesis continúa hasta que ambos, el analista y el cliente, se sienten seguros de que se puede especificar adecuadamente el software para posteriores fases de desarrollo. Es decir, el analista se encuentra en el qué y no en el cómo.

Durante la actividad de evaluación y síntesis de la solución, el analista crea modelos del sistema en un esfuerzo de entender el flujo de datos y de control, el tratamiento funcional y el comportamiento operativo y el contenido de la información. El modelo sirve como fundamento para el diseño del software y como base para la creación de una especificación del mismo.

5.1.2 Modelado de datos

Los modelos se crean para entender mejor la entidad que se va a construir. Cuando la entidad es algo físico (edificio, coche, avión, etc.), podemos construir un modelo idéntico en forma pero más pequeño. Sin embargo, cuando la entidad que se va a construir es software, nuestro modelo debe tomar una forma diferente. Debe ser capaz de modelar la información que transforma el software, las funciones (y subfunciones) que permiten que ocurran las transformaciones y el comportamiento del sistema cuando ocurren éstas.

El modelo de análisis debe lograr tres objetivos primarios: (1) describir lo que requiere el cliente, (2) establecer una base para la creación de un diseño de software y (3) definir un conjunto de requisitos que se pueda validar una vez que se construye el software.

Un modelo de análisis consta de un diccionario de datos, que es un almacén que contiene definiciones de todos los objetos de datos consumidos y producidos por el software, el diagrama de entidad-relación que representa las relaciones entre los

objetos de datos, el diagrama de flujo de datos que sirve para dos propósitos básicamente: proporcionar una indicación de cómo se transforman los datos a medida que se avanza en el sistema y representar las funciones y subfunciones que transforman el flujo de datos y el diagrama de transición de estados que indica como se comporta el sistema como consecuencia de sucesos externos.

El modelado de datos responde a una serie de preguntas específicas importantes para cualquier aplicación de procesamiento de datos. ¿Cuáles son los objetos de datos primarios que va a procesar el sistema? ¿Cuál es la composición de cada objeto de datos y qué atributos describe el objeto? ¿Dónde residen actualmente los objetos? ¿Cuál es la relación entre los objetos y los procesos que los transforman?

Para responder estas preguntas los métodos de modelado hacen uso del diagrama de entidad-relación, el cuál permite la identificación de objetos de datos y sus relaciones mediante una notación gráfica. En el contexto de análisis estructurado, dicho diagrama define todos los datos que se introducen, se almacenan, se transforman y se producen dentro de una aplicación.

El diagrama entidad-relación se centra sólo en los datos, representando una red de datos que existe para un sistema dado. Éste es específicamente útil para aplicaciones en donde los datos y las relaciones que gobiernan los datos son complejos. A diferencia del diagrama de flujo de datos, el modelado de datos estudia los datos independientemente del procesamiento que los transforma.

El modelo de datos se compone de tres piezas de información interrelacionadas: el objeto de datos, los atributos que describen el objeto de datos y la relación que conecta objetos de datos entre sí.

Objetos de datos. Es una representación de cualquier composición de información que deba comprender el software. Por composición de información, entendemos todo aquello que tiene un número de propiedades o atributos diferentes. Por tanto, el ancho

(un valor sencillo) no sería un objeto de datos válido, pero las dimensiones (incorporando altura, ancho y profundidad) se podría definir como objeto.

Atributos. Estos definen las propiedades de un objeto de datos y toman una de las tres características diferentes. Se pueden usar para nombrar una ocurrencia del objeto de datos, describir la ocurrencia o hacer referencias a otra ocurrencia en otra tabla. Además, uno o varios atributos se definen como un identificador, es decir, el atributo identificador supone una clave cuando queramos encontrar una instancia del objeto de datos. El conjunto de atributos apropiado para un objeto de datos dado, se determina mediante el entendimiento del contexto del problema.

Relaciones. Los objetos de datos se conectan entre sí de muchas formas diferentes. Por ejemplo, un libro y una librería se relacionan de diversas formas, una librería pide libros, una librería muestra libros, una librería almacena libros, una librería vende libros y una librería devuelve libros, las relaciones pide, muestra, almacena y devuelve define las conexiones relevantes entre estos objetos.

Los elementos básicos del modelado de datos proporcionan la base del entendimiento del dominio de la información del problema. Sin embargo, también se debe comprender la información adicional relacionada con estos elementos. Debemos comprender la cantidad de ocurrencias del objeto x que están relacionadas con ocurrencias del objeto y , esto nos conduce al concepto del modelado de datos llamado cardinalidad.

Cardinalidad. El modelo de datos debe ser capaz de representar el número de ocurrencias de objetos que se dan en una relación. La cardinalidad es la especificación del número de ocurrencias de un objeto que se relaciona con ocurrencias de otro objeto, estos se pueden relacionar de: Uno a Uno (1:1), es decir, una ocurrencia de un objeto A se puede relacionar a una y sólo una ocurrencia del objeto B, Uno a Muchos (1:N), una ocurrencia del objeto A se puede relacionar a una o muchas ocurrencias del objeto B, Muchos a Muchos (M:N), una ocurrencia del objeto A puede o relacionarse con

una o más ocurrencias del objeto B, mientras que una de B se puede relacionar con una o más de A.

A medida que la información se mueve a través del software es modificada por una serie de transformaciones. El diagrama de flujo de datos es una técnica que representa el flujo de la información y las transformaciones que se aplican a los datos al moverse desde la entrada hasta la salida, éste también es conocido como grafo de flujo de datos o como diagrama de burbujas.

Se puede usar el diagrama de flujo de datos para representar un sistema o un software a cualquier nivel de abstracción. Éstos pueden ser divididos en niveles que representen un mayor flujo de información y un mayor detalle funcional. Por consiguiente, estos diagramas proporcionan un mecanismo para el modelado funcional, así como el modelado del flujo de información. Al hacer esto, se cumple el segundo principio de análisis operacional, es decir crear un modelo funcional.

La notación básica que se usa para desarrollar un diagrama de flujo de datos no es en si misma suficiente para describir los requisitos del software. Por ejemplo, una flecha de un diagrama representa un objeto de datos que entra o sale de un proceso. Un almacén de datos representa alguna colección organizada de datos. Pero ¿cuál es el contenido de los datos indicados en la flecha o en el almacén? Si la flecha o el almacén representan una colección de objetos, ¿cuáles son? Para responder estas preguntas se utiliza otro componente de la notación básica del análisis estructurado, el diccionario de datos.

La notación gráfica debe ser ampliada con texto descriptivo. Se puede usar una especificación de proceso para detallar los pasos que implica una burbuja del diagrama de flujo. La especificación de proceso describe la entrada a la función, el algoritmo que se aplica para transformar la entrada y la salida que se producen. Además la especificación de proceso indica las restricciones y limitaciones impuestas al proceso (función), las características de rendimiento que son relevantes al proceso y las

restricciones de diseño que puedan tener influencia en la forma de implementar el proceso.

5.1.3 Diseño del sistema

El diseño de software se encuentra en el núcleo técnico de la ingeniería de software y se aplica independientemente del modelo de diseño que se utilice. Una vez que se analizan y especifican los requisitos del software, el diseño del software es la primera de las tres actividades técnicas: Diseño, generación de código y pruebas, que se requieren para construir y verificar el software. Cada actividad transforma la información de manera que de lugar por último a un software de computadora validado.

Mediante uno de los muchos métodos de diseño se produce un diseño de datos, arquitectónico, de interfaz y de componentes.

El diseño de datos transforma el modelo del dominio de información que se crea durante el análisis en las estructuras de datos que se necesitan para implementar el software. Los objetos de datos y las relaciones definidas en el diagrama entidad-relación y el contenido de datos detallado que se representa en el diccionario de datos proporcionan la base de la actividad del diseño de datos. Es posible que parte de éste tenga lugar junto con el diseño de la arquitectura del software, ya que a medida que se van diseñando cada uno de los componentes del software, van apareciendo más detalles.

El diseño arquitectónico define la relación entre los elementos estructurales principales del software, los patrones de diseño que se pueden utilizar para lograr los requisitos que se han definido para el sistema y las restricciones que afectan a la manera en que se pueden aplicar los patrones de diseño arquitectónico. La representación del diseño arquitectónico puede derivarse de la especificación del sistema, del modelo de análisis y de la interacción del subsistema definido dentro del modelo de análisis.

El diseño de la interfaz describe la manera de comunicarse el software dentro de sí mismo, con sistemas que interoperan dentro de él y con las personas que lo utilizan. Una interfaz implica un flujo de información y un tipo específico de comportamiento. Por tanto, los diagramas de flujo de control y de datos proporcionan gran parte de la información que se requiere para el diseño de la interfaz.

El diseño a nivel de componentes transforma los elementos estructurales de la arquitectura del software en una descripción procedimental de los componentes de éste. La información que se obtiene de la especificación de proceso, la especificación de control y del diagrama de transición de estado sirve como base para el diseño de los componentes.

La importancia del diseño del software se puede describir con una sola palabra, calidad. El diseño es el lugar en donde se fomentará la calidad en la ingeniería del software.

El diseño del software es un diseño iterativo mediante el cual los requisitos se traducen en un plano para construirlo. Esto es, el diseño se representa a un nivel alto de abstracción, un nivel que puede rastrearse directamente hasta conseguir el objetivo del sistema específico y según unos requisitos más detallados de comportamiento, funcionales y de datos. A medida que ocurren las iteraciones del diseño, el refinamiento subsiguiente conduce a representaciones a niveles de abstracción mucho más bajos. Estos niveles se podrán rastrear aún según los requisitos, pero la conexión es más sutil.

Con el fin de evaluar la calidad de una representación de diseño, deberán establecerse los criterios técnicos para una buena realización, tomando en cuenta las siguientes directrices:

1. Un diseño deberá presentar una estructura arquitectónica que (1) se haya creado mediante diseño de patrones reconocibles, (2) que esté formada por componentes

que exhiban características de buen diseño y (3) que se puedan implementar de manera evolutiva, facilitando así la implementación y la comprobación.

2. Un diseño deberá ser modular; esto es, el software deberá dividirse lógicamente en elementos que realicen funciones y subfunciones específicas.
3. Un diseño deberá contener distintas representaciones de datos, arquitectura, interfaces y componentes (módulos).
4. Un diseño deberá conducir estructuras de datos adecuadas para los objetos que se van a implementar y que procedan de patrones de datos reconocibles.
5. Un diseño deberá conducir a componentes que presenten características funcionales independientes.
6. Un diseño deberá conducir a interfaces que reduzcan la complejidad de las conexiones entre los módulos y con el entorno externo.
7. Un diseño deberá derivarse mediante un método repetitivo y controlado por la información obtenida durante el análisis de los requisitos del software.

Los conceptos de diseño de software fundamentales proporcionan el marco de trabajo necesario para conseguir que lo haga correctamente. Estos conceptos son:

- t Abstracción. Cuando se tiene en consideración una solución modular a cualquier problema, se pueden exponer muchos niveles de abstracción. En el nivel más alto de abstracción, la solución se pone como una medida extensa empleando el lenguaje del entorno del problema. En niveles inferiores de abstracción se toma una orientación más procedimental, en este nivel se establece la solución para poder implementarse directamente.

A medida que vamos entrando en los diferentes niveles, trabajamos para crear abstracciones procedimentales y de datos. Una abstracción procedimental es una secuencia nombrada de instrucciones que tiene una función específica y limitada. Una abstracción de datos es una colección nombrada de datos que describe un objeto de datos. La abstracción de control es la tercera forma que se utiliza en el diseño de software, al igual que las anteriores, este tipo de

abstracción implica un mecanismo de control de programa sin especificar los datos internos.

- † Refinamiento. El refinamiento paso a paso es una estrategia de diseño descendente, el desarrollo de un programa se realiza refinando sucesivamente los niveles de detalle procedimentales. El refinamiento verdaderamente es un proceso de elaboración. Se comienza con una sentencia de función que se define a un nivel alto de abstracción. Esto es, la sentencia describe la función o información conceptualmente, pero no proporciona información sobre el funcionamiento interno de esta misma. El refinamiento hace que el diseñador trabaje sobre la sentencia original, proporcionando cada vez más detalles a medida que van teniendo lugar sucesivamente todos y cada uno de los refinamientos.
- † Modularidad. La arquitectura de computadora expresa la modularidad, es decir, el software se divide en componentes nombrados y abordados por separado, llamados frecuentemente módulos que se integran para satisfacer los requisitos del problema.

Se ha afirmado que la modularidad es el único atributo del software que permite gestionar un programa intelectualmente. El software monolítico (es decir, un programa grande formado por un único módulo) no puede ser entendido fácilmente por el lector. La cantidad de rutas de control, la amplitud de referencias, la cantidad de variables y la complejidad global hará que el entendimiento este muy cerca de ser imposible. Esto lleva a la conclusión de que es más fácil resolver un problema complejo cuando se rompe en piezas manejables.

Existen cinco criterios que nos permiten evaluar un método de diseño en relación con la habilidad de definir un sistema modular efectivo: capacidad de descomposición modular, si un método de diseño proporciona un mecanismo sistemático para descomponer el problema en subproblemas reducirá la complejidad de éste, consiguiendo de esta manera una solución modular efectiva; capacidad de empleo de componentes modulares, son método de

diseño permite ensamblar sus componentes existentes en un sistema nuevo, producirá una solución modular que no inventa nada ya inventado; capacidad de comprensión modular, sin un módulo se puede comprender como una unidad autónoma será más fácil de construir y de cambiar; continuidad modular, si pequeños cambios en los requisitos del sistema provocan cambios en los módulos individuales en vez de cambios generalizados en el sistema, se minimizará el impacto de los efectos secundarios de los cambios; protección modular, si dentro de un módulo se produce una condición aberrante y sus efectos se limitan a ese módulo, se minimizará el impacto de los efectos secundarios inducidos por los errores.

Finalmente, es importante destacar que un sistema se puede diseñar modularmente, incluso aunque su implementación deba ser monolítica.

- ⌘ **Arquitectura del software.** Ésta alude a la estructura global del software y a las formas en que la estructura proporciona la integridad conceptual de un sistema. En su forma más simple, la arquitectura es la estructura jerárquica de los componentes del programa (módulos), la manera en que los componentes interactúan y la estructura de datos que van a utilizar los componentes. Sin embargo, en un sentido más amplio, los componentes se pueden generalizar para representar los elementos principales del sistema y sus interacciones.

Un objetivo del diseño del software es derivar una representación arquitectónica de un sistema. Esta representación sirve como marco de trabajo desde donde se llevan a cabo actividades de diseño más detalladas. Un conjunto de patrones arquitectónicos permiten que el ingeniero del software reutilice los conceptos a nivel de diseño.

- ⌘ **Jerarquía de Control.** Denominada también estructura del programa, representa la organización de los componentes de programa (módulos) e implica una jerarquía de control. No representa los aspectos procedimentales del software, ni se puede aplicar necesariamente a todos los estilos arquitectónicos.

Para representar la jerarquía de control de aquellos estilos arquitectónicos que se avienen a la representación, se utiliza un conjunto de notaciones

diferentes. El diagrama más común es el de forma de árbol que representa el control jerárquico para las arquitecturas de llamada y de retorno. Sin embargo, otras notaciones se pueden utilizar también con igual efectividad. Dentro de los diagramas se pueden definir una serie de medidas y términos simples, la profundidad y la anchura proporcionan una indicación de la cantidad de niveles de control y el ámbito de control global respectivamente. El grado de salida es una medida del número de módulos que se controlan directamente con otro módulo. El grado de entrada indica la cantidad de módulos que controlan directamente el módulo dado. La relación de control entre los módulos se expresa de la manera siguiente: se dice que un módulo que contiene a otro es superior a él, inversamente, se dice que un módulo controlado por otro módulo es subordinado del controlador.

La jerarquía de control también representa dos características sutiles diferentes de la arquitectura del software: visibilidad y conectividad. La visibilidad indica el conjunto de componentes de programa que un componente dado puede involucrar o utilizar como datos, incluso cuando se lleva a cabo indirectamente. La conectividad indica el conjunto de componentes que un componente dado invoca o utiliza directamente como datos.

- t División Estructural. Si el estilo arquitectónico de un sistema es jerárquico, la estructura del programa se puede dividir tanto horizontal como verticalmente. El enfoque más simple de la división horizontal define tres particiones – entrada, transformación de datos (frecuentemente llamado procesamiento) y salida –. La división horizontal de la arquitectura proporciona diferentes ventajas: proporciona software más fácil de probar, conduce un software más fácil de mantener, propaga menos efectos secundarios, proporciona software más fácil de ampliar. Como las funciones principales se desacoplan unas de las otras, el cambio tiende a ser menos complejo y las extensiones del sistema (algo muy común) tienden a ser más fáciles de llevar a cabo sin efectos secundarios.

La división vertical, frecuentemente llamada factorización, sugiere que dentro de la estructura del programa, el control (toma de decisiones) y el trabajo se

distribuyan de manera descendente. Los módulos del nivel superior deberán llevar a cabo funciones de control y no realizarán mucho trabajo de procesamiento. Los módulos que residen en la parte inferior de la estructura deberán ser los trabajadores, aquellos que realizan todas las tareas de entrada, proceso y salida.

- Estructura de Datos. Es una representación de la relación lógica entre elementos individuales de datos. Como la estructura de la información afectará invariablemente al diseño procedimental final, la estructura de datos es tan importante como la estructura de programa para la representación de la arquitectura del software. La estructura dicta las alternativas de organización, métodos de acceso, grado de capacidad de asociación y procesamiento de la información.

La organización y complejidad de una estructura de datos están limitados únicamente por la ingenuidad del diseñador, sin embargo, existe un número limitado de estructuras de datos clásicas que componen los bloques de construcción para estructuras más sofisticadas.

Un elemento escalar es la estructura de datos más simple, como su nombre indica, representa un solo elemento de información que puede ser tratado por un identificador, es decir, se puede lograr acceso especificando una sola dirección en memoria. El tamaño y formato de un elemento escalar puede variar dentro de los límites que dicta el lenguaje de programación.

Cuando los elementos escalares se organizan como una lista o grupo contiguo, se forma un vector secuencial. Los vectores son las estructuras de datos más comunes y abren la puerta a la indexación variable de la información. Cuando el vector secuencial se amplía a dos, tres y por último un número arbitrario de dimensiones se crea un espacio n dimensional. El espacio n dimensional más común es la matriz bidimensional.

Los elementos, vectores y espacios pueden estar organizados en diversos formatos. Una lista enlazada es una estructura de datos que organiza elementos escalares no contiguos, vectores o espacios de manera que les permita ser

procesados como lista (a todo esto se le conoce como nodo). Cada nodo contiene la organización de datos adecuada o un puntero o más, que indican la dirección de almacenamiento del siguiente nodo de la lista.

- † Procedimiento de Software. La estructura de programa define la jerarquía de control sin tener en consideración la secuencia de proceso y de decisiones. El procedimiento de software se centra en el procesamiento de cada módulo individualmente. Dicho procedimiento debe proporcionar una especificación precisa del procesamiento, incluyendo la secuencia de sucesos, los puntos de decisión exactos, las operaciones repetitivas e incluso la estructura/organización de datos. Existe, por supuesto, una relación entre la estructura y el procedimiento. El procesamiento indicado para cada módulo debe incluir una referencia a todos los módulos subordinados a éste que se está describiendo, es decir, una representación procedimental del software se distribuye en capas.
- † Ocultación de Información. Este principio sugiere que los módulos se caracterizan por las decisiones de diseño que cada uno oculta al otro. En otras palabras, los módulos deberán especificarse y diseñarse de manera que la información (procedimientos y datos) que está dentro de un módulo sea inaccesible a otros módulos que no necesitan esa información. Ocultación significa que se puede conseguir una modularidad efectiva definiendo un conjunto de módulos independientes que se comunican entre sí, intercambiando sólo la información necesaria para lograr la función del software. La abstracción ayuda a definir las entidades o información.

5.2 Definición de objetivos y alcances en el desarrollo del programa

Una vez que se han estudiado los requerimientos necesarios para el desarrollo de sistemas, ha llegado el momento de definir los objetivos y delimitar el alcance del sistema a desarrollar.

El objetivo principal del sistema es permitir la simulación de diferentes escenarios de un CAT de manera fácil, que permita conocer el comportamiento de la operación bajo diversos parámetros, de tal forma que se puedan identificar los niveles adecuados de atención al cliente que establece un CAT.

Para llevar a cabo nuestro objetivo se desarrollará un sistema para un CAT específico, el cual tiene ya definida la plataforma en la que se desarrollan sus sistemas y que tiene delimitado su esquema de servidores e infraestructura tecnológica.

Los sistemas con los que actualmente cuenta este CAT, están desarrollados bajo un esquema cliente/servidor y por políticas de licenciamiento en su software de desarrollo, se utiliza Visual Basic como lenguaje de programación y SQL Server como manejador de base de datos, es por ello que el sistema a desarrollar será elaborado con estas herramientas de programación. Sin embargo, el programa puede ser desarrollado en cualquier otro lenguaje si las herramientas de programación fueran otras.

Otra característica de los sistemas de este CAT es que deben contar con un esquema de seguridad, es decir, es necesario validar quién está entrando al sistema, esta seguridad incluye que tenga un usuario de red dentro de la red de datos que se tiene en la empresa y que éste sea validado a través del sistema.

A partir de estas características nuestro sistema deberá ser diseñado para cumplir con las siguientes funciones:

- † Simular la entrada de llamadas en el CAT para cualquiera de las campañas, Ventas o Soporte, calculando tiempo entre llamadas, tiempos de espera y tiempos de servicio, ya sea por hora, jornada (matutino, vespertino o nocturno) o día, para ello sus insumos serán el número de operadores que atenderán las llamadas, el número esperado de llamadas, la media del tiempo de servicio y la media y desviación estándar del tiempo de espera, además de parámetros que permitan identificar la simulación, como la campaña, la fecha y el periodo de tiempo a simular.
- † Mostrar resultados de las corridas ejecutadas, de manera tal que puedan ser comparados entre ellas y la persona encargada de la toma de decisiones pueda elegir la mejor opción, estos resultados podrán ser desglosados también por cada llamada o por hora si así se desea.
- † Permitir la exportación de datos de la información generada en la simulación a archivos de Excel, que es la herramienta utilizada por el área responsable del control estadístico, así mismo, la información deberá estar disponible en el manejador de base de datos.
- † Permitir la depuración de información que se ha generado.
- † Controlar el acceso a la aplicación a través de validación de usuarios del sistema.
- † Contar con un módulo de administración que permita dar de alta usuarios, cambiar contraseñas de acceso, eliminar usuarios del sistema y asignar permisos a los mismos.

Una vez delimitado el alcance del sistema y de que se tienen identificadas de las funciones que debe cubrir, en el punto siguiente realizaremos la formulación de dicho sistema.

5.3 Formulación del programa

De acuerdo a la delimitación de objetivos del sistema, quedará estructurado en 5 módulos que cubren el alcance del programa.

Un módulo de simulación, el cual solicitará al usuario los datos para generar una línea de espera y realizará la simulación de la operación utilizando los parámetros introducidos y mostrando los resultados en pantalla de acuerdo a la especificación del usuario.

The screenshot shows a window titled "Simulación" with the following components:

- Input Fields:**
 - Fecha: 26/10/2004 (dropdown)
 - Campaña: Soporte (dropdown)
 - Periodo: Horas (dropdown)
 - Hora Inicio: (dropdown)
 - Hora Fin: (dropdown)
- Datos de la Simulación:**
 - Número de Operadores: (text input)
 - Número de Llamadas: (text input)
 - Media Tiempo entre Llamadas: (text input)
 - Media Tiempo Servicio: (text input)
 - Media Tiempo Espera: (text input)
 - Desviación Estándar Tiempo Espera: (text input)
- Datos de Salida:**
 - Tipo de Simulación: (dropdown)
- Buttons:** Limpiar, Simular, Salir
- Results:** Resultados de la Simulación (empty table area)

Pantalla 5.1. Módulo de Simulación y Entrada de Datos

Los datos de entrada serán: fecha (simulación), campaña, periodo a simular por horas (hora de inicio y hora de fin) o jornada (matutino, vespertino o nocturno) o día, número de operadores, número de llamadas en el periodo de tiempo seleccionado, media del tiempo entre llamadas, media del tiempo de servicio, media del tiempo de

espera, desviación estándar del tiempo de espera y el tipo de simulación a mostrar en pantalla, corrida completa o resumen de resultados (Pantalla 5.1).

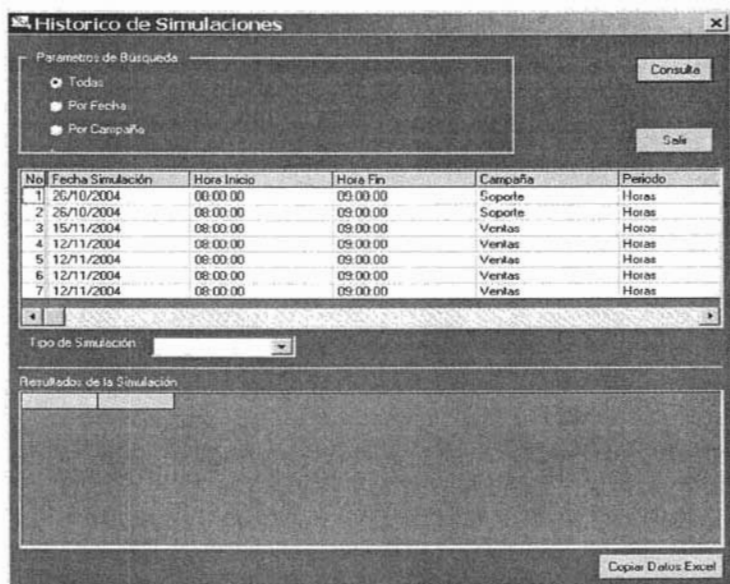
Cuando el usuario seleccione "Corrida Completa", el sistema mostrará, el número de llamada, el tiempo entre llamadas, hora de llegada, tiempo a esperar del cliente, hora de atención, tiempo real de espera, hora de salida, tiempo de servicio, abandono (0 si la llamada fue atendida y 1 si la llamada no fue atendida) y operador que atiende. Si selecciona "Resumen Corrida" arrojará, número de operadores, total de llamadas recibidas, total de llamadas atendidas, total de llamadas abandonadas, porcentaje de abandono, tiempo promedio de abandono, tiempo promedio de espera, tiempo real de espera y promedio de llamadas atendidas por operador (Pantalla 5.2).

No	Operadores	Llamadas Recibidas	Llamadas Atendidas	Llamadas Ab:
1	318	392	392	0

Pantalla 5.2. Módulo de Simulación y Salida de Datos

Un módulo de consulta de simulaciones, el cual mostrará las simulaciones que se han hecho de acuerdo a la fecha, a la campaña o todas las que se han realizado,

poniendo en pantalla la fecha en que se realizó la simulación, la hora de inicio y hora de fin, la campaña, el periodo y la jornada (Pantalla 5.3).



The screenshot shows a software window titled "Historico de Simulaciones". It contains a search filter section with three radio buttons: "Todas" (selected), "Por Fecha", and "Por Campaña". There are "Consulta" and "Salir" buttons. Below is a table with 7 rows and 6 columns: No., Fecha Simulación, Hora Inicio, Hora Fin, Campaña, and Periodo. The table data is as follows:

No.	Fecha Simulación	Hora Inicio	Hora Fin	Campaña	Periodo
1	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte	Horas
2	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte	Horas
3	15/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
4	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
5	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
6	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
7	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas

Below the table is a "Tipo de Simulación" dropdown menu and a "Resultado de la Simulación" section with a large empty text area. A "Copiar Datos Excel" button is located at the bottom right.

Pantalla 5.3. Módulo de Consulta

El módulo también permitirá visualizar los datos de la corrida completa o del resumen de la corrida según la selección que haga el usuario e incluso ver, en el caso del resumen, más de uno en pantalla (Pantalla 5.4), y como función adicional permitirá exportar los resultados a un archivo de Excel.

Historico de Simulaciones

Parámetros de Búsqueda:

- Todas
- Por Fecha
- Por Campaña

Consulta Salir

No.	Fecha Simulación	Hora Inicio	Hora Fin	Campaña	Periodo
1	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte	Horas
2	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte	Horas
3	15/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
4	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
5	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
6	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas
7	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas	Horas

Tipo de Simulación: Resumen Comda Acumular Resumen

Resultados de la Simulación:

No.	Operadores	Llamadas Recibidas	Llamadas Atendidas	Llamadas Abandonadas	Porcentaje de Ab.
1	318	392	392	0	0
2	318	405	405	0	0
3	25	232	192	40	17.24137931034

Copiar Datos Excel

Pantalla 5.4. Módulo de Consulta y Salida de Datos

Un módulo de depuración de simulaciones, el cual permitirá borrar de la base de datos simulaciones hechas anteriormente y que ya no son de utilidad para la persona que utiliza el sistema para la toma de decisiones (Pantalla 5.5).

Depuración de Simulaciones

Parámetros de Búsqueda:

- Todas
- Por Fecha
- Por Campaña

Consulta Salir

Confirmación

¿Confirma que desea eliminar la simulación 4?

Si No

No.	ID	Fecha Simulación	Hora Inicio	Hora Fin	Campaña
1	48	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte
2	47	26/10/2004	08:00:00	09:00:00	Soporte
3	46	15/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas
4	45	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas
5	44	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas
6	43	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas
7	42	12/11/2004	08:00:00	09:00:00	Ventas

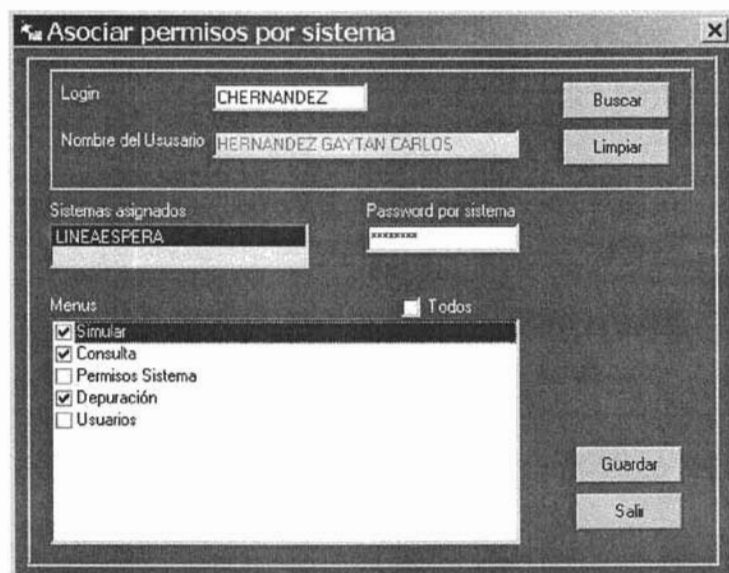
Pantalla 5.5. Módulo de Depuración de Simulaciones

Un módulo de usuarios, el cual permitirá la alta y baja de los usuarios del sistema. Los datos que se solicitan para movimiento de alta son: login de red, nombre, área de la empresa en la que está ubicada, puesto, centro de trabajo, clave de nómina, extensión, turno en el que labora, fecha de alta, fecha de baja y contraseña de red (Pantalla 5.6). Para el proceso de baja sólo se deshabilitará al usuario.

Login	A. Paterno	A. Materno	Nombre	Centro	Ext.	Cve. nómina

Pantalla 5.6. Módulo de Administración de Usuarios

Un módulo de permisos del sistema, el sistema será estructurado por menús que podrán ser asignados a los usuarios para que tengan acceso a cada opción, por lo que cada vez que un usuario sea dado de alta, se deberá asignar el acceso a los módulos que el administrador decida, para lo cual este módulo permitirá a partir del login de red, habilitar o deshabilitar los menús del sistema (Pantalla 5.7).



Pantalla 5.7. Módulo de Administración de Permisos

En el siguiente punto utilizaremos el programa para analizar los datos de la simulación contra la información real del CAT para verificar su eficiencia como herramienta en el apoyo de la toma de decisiones. La importancia de enfocarnos en la revisión de resultados se debe a que es el punto más importante en la consecución del objetivo de este trabajo, sin embargo, el desarrollo y documentación de este sistema se pueden ver en el apéndice E.

5.4 Validación del programa

El diseño de pruebas es parte importante de la ingeniería de software, cualquier producto puede probarse de dos formas, la primera es conociendo la función para la que fue diseñado un producto, se pueden llevar a cabo pruebas que demuestren que cada función es completamente operativa y al mismo tiempo buscar errores en esta función (prueba de caja negra). La segunda prueba es conociendo el funcionamiento del producto, se pueden desarrollar pruebas que aseguren que todas las piezas

funcionan correctamente, es decir que la operación interna se ajusta a las especificaciones y que todos los componentes internos se han probado de manera adecuada (prueba de caja blanca).

Cuando estamos hablando de un programa, la prueba de caja negra se refiere a las pruebas que se llevan a cabo sobre la interfaz del software, es decir los casos pretenden demostrar que las funciones del software son operativas, que los datos de entrada se aceptan de manera correcta y que producen un resultado correcto, en esta prueba no se valida tanto la estructura lógica interna del programa sino el manejo de la información. La prueba de caja blanca realiza un minucioso examen de todos los detalles procedimentales, se prueba que el programa siga una lógica proponiendo casos de prueba que ejerciten y validen las sentencias de control utilizadas en el programa. Como es de esperarse las pruebas de caja blanca pueden complicarse demasiado dependiendo del software, ya que el intentar seguir todos los caminos que sigue un programa podría convertirse en una tarea que consumiría mucho tiempo y que tal vez no valdría el esfuerzo, no por ello se deben deshechar estas pruebas, una alternativa es probar los caminos lógicos más importantes que permitan validar el software. De esta manera, realizando una combinación de pruebas de caja blanca no tan exhaustivas y de caja negra, podremos validar el software de manera efectiva tanto en los resultados como en el funcionamiento interno del programa.

Una vez finalizado el programa realizamos pruebas de caja blanca sobre la estructura de control más compleja, que es el ciclo que realiza la simulación, este proceso calcula valores aleatorios para los tiempos de cada llamada mientras no se cumpla la condición de término de la simulación, en una prueba para cada valor calculado revisamos que los datos que se obtuvieron tuvieran un comportamiento similar al proceso mismo de atención al cliente en el CAT, esto es, se verificó que los tiempos aleatorios se comportaran dentro de los parámetros de atención real y que el flujo de llamadas entrantes se diera entre intervalos similares a las llegadas cotidianas, todo a partir de los valores reales que se metieron al sistema para comprobar su eficacia. Para la prueba de caja blanca, nuestro interés se centraba en comprobar el

proceso de simulación, el cual podemos decir que cumple con lo requerido para operar sobre el CAT.

Para las pruebas de caja negra nos basaremos en el manejo de distintos parámetros con el fin de comparar resultados, primero para verificar los valores reales y después para simular diferentes escenarios que permitan tomar la decisión adecuada sobre la operación del CAT.

Las pruebas de simulación se realizarán sobre la campaña de ventas, dos simulaciones para el caso de llamadas por día y para las llamadas por hora se realizaran cinco simulaciones, de 10 de la mañana a 12 hrs. y de las 17 a las 18 hrs. Con estos resultados comparemos contra los datos reales y verificaremos la eficacia de la simulación.

A continuación se presentan las tablas 5.1 a la 5.4, en las que se comparan los datos reales y los datos simulados de la campaña de ventas, tanto por día como por hora.

VENTAS REAL	Llamadas entrantes	Vel. prom. de resp.	Llamadas ACD	Tiempo prom. de ACD	Llamadas aban.	Tiempo prom. de aban.	Operadores	Llamadas por Operador
10:00-11:00	732	00:13	676	05:57	56	00:03	121	6
11:00-12:00	745	00:14	678	06:35	67	00:16	132	5
17:00-18:00	952	00:14	876	08:08	76	00:03	141	6
18:00-19:00	865	00:14	798	08:40	67	00:05	140	6
19:00-20:00	897	00:12	875	11:30	22	00:10	139	6

Tabla 5.1. Resultados Reales de la campaña de Ventas por hora

VENTAS SIMULACION	Llamadas entrantes	Vel. prom. de resp.	Llamadas ACD	Tiempo prom. de ACD	Llamadas aban.	Tiempo prom. de aban.	Operadores	Llamadas por Operador
10:00-11:00	688	00:00	688	07:01	0	00:00	121	5
11:00-12:00	747	00:00	747	06:00	0	00:00	132	5
17:00-18:00	1000	00:00	985	08:00	15	01:30	141	6
18:00-19:00	905	00:00	905	07:00	0	00:00	140	6
19:00-20:00	874	00:00	874	07:00	0	00:00	139	6

Tabla 5.2. Resultados Simulados de la campaña de Ventas por hora

VENTAS REAL	Llamadas entrantes	Vel. prom. de resp.	Llamadas ACD	Tiempo prom. de ACD	Llamadas aban.	Tiempo prom. de aban.	Operadores	Llamadas por Operador
	8475	00:13	7832	07:39	643	00:34	292	29
	7887	00:15	7339	07:25	548	00:24	294	27

Tabla 5.3. Resultados Reales de la campaña de Ventas por día

VENTAS SIMULACION	Llamadas entrantes	Vel. prom. de resp.	Llamadas ACD	Tiempo prom. de ACD	Llamadas aban.	Tiempo prom. de aban.	Operadores	Llamadas por Operador
	8834	00:01	8834	08:00	0	00:00	292	30
	8158	00:01	8158	08:00	0	00:00	292	27

Tabla 5.4. Resultados Simulados de la campaña de Ventas por día

Como se puede observar en ambos resultados, los resultados totales de llamadas recibidas y atendidas por operador son similares, sin embargo, notamos que en ningún caso existen llamadas abandonadas, este resultado en la simulación nos indica que, si bien estamos atendiendo a todos los clientes que llaman a la campaña de ventas tenemos más personal del necesario para la atención, es decir, existen lapsos de tiempo durante el día en los cuales todos los operadores tendrán tiempo disponible, lo que nos dice que tenemos personal de más o mal distribuido. Por otro lado, también se puede decir que existe un punto de oportunidad en la supervisión, ya que los datos reales nos arrojan llamadas abandonadas, pero la atención por operador es igual a los datos simulados.

En conclusión podemos decir que el sistema nos está proporcionando datos reales de llamadas y tiempos de operación también validos, la prueba realizada contra datos reales nos arroja valores confiables, con poca diferencia contra los datos reales y con el mismo número de operadores, analizando estos valores podemos decir que falta supervisión e incluso que existe un posible exceso de personal, quedando ahora en manos del tomador de decisiones el revisar los procesos de mejora.

5.5 Conclusiones

Una vez que hemos revisado el proceso de simulación de líneas de espera para un CAT, podemos decir que su alcance es mayor que el proceso de línea de espera. El proceso de simulación nos permite mayor flexibilidad y manejo de información, además de que puede involucrar un mayor número de variables que influyen en el proceso y si bien es cierto que se basa en el cálculo de varios números aleatorios, estos números con la suficiente base probabilística seguirán el comportamiento de la operación misma del CAT.

El tener como herramienta un sistema que permita, al usuario encargado de tomar decisiones jugar con diversos escenarios de la operación, hace más visible los impactos operativos, y en un momento dado económicos también, del reordenamiento de operadores para cada campaña. Por otro lado, aún y cuando el sistema permite la simulación por día de la operación, el uso de simulaciones por jornada y por hora serán de vital importancia, ya que en la medida en que la empresa en cuestión permita la distribución por hora del personal, tomando en cuenta sus jornadas laborales, esto se vera reflejado en una mayor eficacia de atención y en el mejor manejo de recursos.

Lo anterior se puede observar en la tabla 5.5, donde para una hora se manejan distintos escenarios, todos con un ajuste en el personal de atención.

VENTAS (1500-1800)	Llamadas Recibidas	Llamadas Atendidas	Tiempo promedio de llamada	Llamadas abandonadas	% de Abandono	Tiempo promedio de atención	Tiempo de Espera	Tiempo Real de Espera	Operadores	Llamadas por Operador
Real	952	876	8.8	76	7.98%	3		5	141	6
Simulación 1	981	959	8.0	22	2.24%	24	27	3	141	6
Simulación 2	1031	973	8	58	5.63%	23	27	4	130	7
Simulación 3	981	973	8	8	0.82%	23	27	1	135	7

Tabla 5.5. Resultados Simulados de la campaña de Ventas con diferente número de operadores

Como se observa en la tabla las diferencias entre los tres escenarios simulados no son muy significativas y aún y cuando la simulación 2 arroja el valor más alto de abandono, respecto al 5% permitido, este es menor que el 7.98% que presenta el dato

real, tomando en cuenta que este se da con 130 operadores, 11 menos que el dato real, este sería el número de operadores que de inicio se podría tomar.

Estos tipos de análisis comparativos son los que el tomador de decisiones podrá realizar utilizando esta herramienta.

De esta manera podemos dar por concluido el sistema de simulación, dejando en manos del responsable de la operación la posibilidad de utilizarlo de manera constante, verificando siempre el movimiento de operadores, para que pueda ser más eficaz en la atención a sus clientes teniendo en mente la mejor distribución de personal.

Conclusiones Generales

A lo largo de este trabajo de investigación y a través de la experiencia de trabajar en un CAT hemos podido comprobar la importancia de las Matemáticas Aplicadas como herramienta de trabajo en un ambiente laboral, en esta ocasión la aplicación fue básicamente en el área administrativa y de toma de decisiones.

El desarrollo de las empresas que utilizan infraestructura telefónica ha implicado una demanda de personal preparado en diferentes ramas de las Matemáticas y de la Computación, ya que el teléfono y la computadora se convirtieron en las 2 principales herramientas de trabajo, así tenemos áreas de desarrollo de sistemas, de soporte técnico, de telefonía, de control estadístico, etc., por mencionar algunas de ellas, que utilizan estas herramientas todos los días y en todo momento.

La utilización de los servicios telefónicos por parte de los clientes ha impulsado la creación de centros de atención telefónica para responder a la creciente demanda de una atención más eficiente por parte de las empresas vendedoras de bienes o servicios.

Debido a que el desarrollo de estas empresas es reciente y a que son poco conocidas, parte del trabajo tuvo como intención familiarizarnos con su propio lenguaje y aprender a conocer como operan y como se desempeñan para el cumplimiento de sus objetivos.

Al observar el enfoque que tienen estas empresas nos dimos cuenta que su operación y atención de llamadas tiene el comportamiento típico de una línea de espera, la teoría de esta rama de la Investigación de Operaciones en conjunción con la revisión de como opera un CAT nos permitieron conocer cual de todas los diferentes líneas de espera que existen se ajusta al comportamiento del caso de estudio, el trabajo nos permitió analizar y llegar a una conclusión en cuanto al uso de la Teoría de Colas.

La simulación surgió como respuesta eficiente a casos reales donde el uso de fórmulas de teoría de colas y el gran volumen de datos que se manejan hacen

inoperable el trabajar con dichas formulas, la simulación basa su operación en la Teoría de Líneas de Espera pero utilizando números aleatorios de fácil cálculo que simplifican de manera notable el crear diferentes escenarios para conocer el comportamiento de la operación del CAT, es decir, calcular todos los datos que involucra una llamada, la hora en que se dio, el tiempo de espera del cliente, el tiempo de servicio del cliente, etc., y que nos permiten simular en horarios diversos como se da el flujo de llamadas y como se van atendiendo las mismas.

Es indudable que los pronósticos y toda la teoría que está detrás de ellos también pueden ser ampliamente utilizados en este tipo de empresas, ya que aparte de trabajar con datos reales y probar con diferentes valores de ellos para saber cuál es el personal necesario para atender las llamadas respetando los parámetros de atención al cliente (simulación), podemos realizar pronósticos que nos permitirán probar con números de llamadas, que obviamente no conocemos, pero que siguen el mismo comportamiento que las reales. Al saber que estos datos son confiables dan la certeza de cuántos operadores se pueden destinar para responder las llamadas de los clientes y así estar preparados para la demanda de los clientes.


Finalmente con la intención de proporcionar una herramienta palpable de apoyo en la toma de decisiones, nos dimos a la tarea de desarrollar un programa de computadora que realizara estas tareas de manera automática y que partiera de nuestro conocimiento en el manejo de información que se da en estas empresas, es así como creamos un software que permite variar los parámetros involucrados en la atención a los clientes y que calcula los valores necesarios que ayudaran al tomador de decisiones a simular la operación, probando con diferentes escenarios hasta encontrar el personal que le permita atender sus llamadas de manera eficiente. Este movimiento de personal no sería viable en la práctica, ya que se podría ver afectada la atención diaria de los clientes mientras no se defina la base de personal óptima buscada, lo que afectaría la percepción de los usuarios del servicio.


Una vez terminado el sistema, se realizaron pruebas directamente en la operación de la empresa, de la cual tomamos los datos, con las personas involucradas en el cálculo de personal, siendo bien aceptado, ya que facilitó mucho la tarea de redistribución de personal en las campañas.


En conclusión podemos decir que la combinación de pronósticos, líneas de espera y simulación han sido de gran utilidad en la toma de decisiones de un CAT, pues permiten modelar todo un proceso de atención a llamadas de los clientes de manera satisfactoria y, lo más importante, sin tener ninguna afectación operativa y sin probar en la realidad, de esta forma hemos visto que la aplicación de las matemáticas en este tipo de empresas es muy importante para facilitar sus tareas.


Bibliografía


-  Anton Jon
CallCenter Management By The Numbers
Purdue University Press, EUA 1997
-  Brad Cleveland / Julia Mayben
Call Center Management On Fast Forward, 10ª ed.,
Call Center Press, USA 2002
-  Makridakis/Wheelwright.
Forecasting Methods for Management
Wiley and Sons, 1985.
-  María del Carmen González Videgaray
Modelos de Decisión con Procesos Estocásticos II
UNAM, México 1990
-  Richard I. Levin / David S. Rubin
Estadística para Administradores
Prentice Hall, México 1996
-  William Mendenhall / Dennis D. Wackerly / Richard L. Scheaffer
Estadística Matemática con Aplicaciones
Grupo Editorial Iberoamérica, México 1994
-  Anderson / Sweeney / Williams.
Estadística para Administración y Economía, 7a ed.,
Matemáticas International Thompson Editores, 1999.
-  Davis / McKeowm
Módulos Cuantitativos para Administración
Grupo Editorial Iberoamérica, México 1986
-  George C. Canavos
Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos
Mc Graw Hill, México 1988
-  Hamdy A. Taha
Investigación de Operaciones
Alfaomega, México 1987


-  Frederick S. Hillier / Gerald J. Lieberman
Investigación de Operaciones, 7ª ed.,
McGraw-Hill, México 2001

-  Juan Prawda
Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones, Vol 2, Modelos
Estocásticos, 5ª ed.,
Limusa Noriega, México 1989

-  María del Carmen González Videgaray
Modelos y Simulación
UNAM, México 1996

-  Raúl Coss Bu
Simulación. Un enfoque práctico, 11ª ed.,
Limusa, México 2003

-  Roger S. Pressman
Ingeniería de Software. Un enfoque práctico, 5ª ed.,
McGraw-Hill, España 2002

-  Revista e-Contact Centros Telefónicos @ Comercio Electrónico
Bimestral, Año 3, Número 17, Marzo/Abril 2000
Instituto Mexicano de Telemarketing

Direcciones Electrónicas

<http://www.entelcallcenter.cl/ayuda/>
http://www.idea.es/123_ServiSol_Consultoria.html
<http://www.onetoone.com.sv/html/recursos.html>
<http://www.foro-helpdesk.com/Articulos/Acd.asp>
<http://www.astro.es/fvecta/im5.htm>
<http://www.baned.cl/servicios/telemark.htm>
<http://www.lania.mx/spanish/actividades/newsletters/1996-otono-invierno/articulo1.html>