

**MODELO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UN MESA DE AYUDA BASADO
EN SIMULACIÓN PARA UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO DE
SOPORTE TÉCNICO EN INFRAESTRUCTURA DE TECNOLOGIAS DE
INFORMACIÓN.**

OSCAR FERNANDO REALPE RAMIREZ

JORGE ARMANDO CASTILLO HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y ESTADISTICA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PALMIRA

2011

**MODELO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UN MESA DE AYUDA BASADO
EN SIMULACIÓN PARA UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO DE
SOPORTE TÉCNICO EN INFRAESTRUCTURA DE TECNOLOGIAS DE
INFORMACIÓN.**

OSCAR FERNANDO REALPE RAMIREZ

JORGE ARMANDO CASTILLO HERNANDEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Industrial

Director:

ING. RAÚL ANTONIO DÍAZ PACHECO MSc.

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y ESTADISTICA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PALMIRA

2011

Nota de aceptación:

Firma presidente del Jurado

Firma jurado

Firma jurado

Fecha de entrega (día, mes, año)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi madre que siempre me acompaña y apoya, ella es la persona que tuvo la paciencia y quien vivió a mi lado este proceso, a mis hermanas que siempre me impulsaron y me dieron las fuerzas para continuar. A mi padre y hermano que aunque ya no me acompañan fueron las personas que siempre creyeron en mí y apoyaron. A mis amigos y compañeros porque de ellos tome gran conocimiento y experiencia. Y al final pero no menos importante a Dios por siempre darme el conocimiento sabiduría para completar mis estudios.

Oscar Fernando Realpe Ramírez

Dedico este trabajo de grado a mis padres que siempre me acompañan y apoyaron. A mi hermano que siempre me tendió la mano cuando lo necesite. A mis compañeros porque gracias a ellos pude sortear obstáculos que se me presentaron durante el transcurso de la carrera. Y finalmente a Dios por siempre quien permitió la culminación de mis estudios.

Jorge Armando Castillo Hernández

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a:

A Dios

Porque nos permitió vivir esta gran experiencia junto a nuestros seres queridos, por los momentos difíciles que nos permitieron mostrar nuestra fortaleza para continuar, un camino difícil pero lleno de satisfacción.

A nuestros profesores

Gracias por compartir todo el conocimiento y experiencia que nos servirán en nuestra vida laboral y personal, en especial al MSc Raúl Antonio Díaz Pacheco por apóyanos en este trabajo de grado.

Al MSc. Fernando Fernández coordinador de la mesa de ayuda por permitirnos el acceso a los datos y las recomendaciones, para poder realizar este trabajo de grado.

Al MSc. Gustavo Victoria gerente de producción por compartir su conocimiento para poder culminar este trabajo de grado.

A nuestros amigos y compañeros de universidad, compartir tantos buenos momentos.

A la Universidad del Valle y especialmente a la ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA que nos dieron la oportunidad de formar parte de ella.

Muchas gracias a todos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. PROCESO GENERAL DE ATENCIÓN DE USUARIOS EN LA MESA DE AYUDA VÍA TELEFÓNICA	14
1.2. PROCESO GENERAL DE ATENCIÓN DE USUARIOS EN LA MESA DE AYUDA VÍA PORTAL WEB.....	17
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVO GENERAL.....	24
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4. MARCO DE REFERENCIA	25
4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	25
4.1.2 Definición de simulación.....	25
4.1.3 TIPO DE SIMULACIÓN Y NUMERO DE REPLICAS	26
4.1.2 MARCO TEORICO	28
4.2.1 Teoría de colas para call centers.	28
4.2.2 Modelo general.....	29
4.2.3 Indicadores de desempeño	31
4.2.4. Modelos basados en teoría de colas.....	32
4.2.5 SIMULACION DE SISTEMAS.....	36
4.2.6. Etapas para el desarrollo de una simulación.....	39
4.2.7. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE	45
4.2.7.1 Prueba chi-cuadrada.....	45
4.2.7.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov	47
4.2.7.2 Prueba de Anderson-Darling.....	48
4.2.8 Descripción del modelo básico de organización de soporte técnico definido por el Help Desk Institute (HDI)	49
4.2.9 Modelo general de organización de soporte técnico por niveles de una mesa de ayuda.....	51
5. ESTADO DEL ARTE	59

6. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.....	65
6.1 ETAPA 1: Análisis de la situación actual	65
En la labor de campo desarrollada se lograron identificar aspectos importantes para el estudio realizado:.....	65
6.1.2 Proceso detallado de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Telefónica.....	69
6.1.3 Proceso detallado de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Portal Web.....	74
6.1.4 Estado actual de la mesa de ayuda.....	75
6.2 ETAPA 2: Construcción del modelo de simulación	83
6.2.1 Recolección y análisis estadísticos de los datos	83
6.2.2 Análisis de la información, identificar las variables y elementos críticos del servicio de mesa de ayuda.	84
6.2.3 Estructura de programación con ProModel® versión estudiantil	85
6.3. ETAPA 3: ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	90
6.3.1 Análisis de los datos para la distribución de probabilidad de los analistas	90
6.4 ETAPA 4: ANALISIS ESTADISTICO	97
6.5 ETAPA 5: SELECCIÓN DE TIPO DE SIMULACIÓN Y NUMERO DE REPLICAS.....	99
6.6 ETAPA 6: ESCENARIOS DE LA SIMULACIÓN	101
6.6.1. Escenario actual 12 agentes, comparado con los escenarios propuestos.....	101
6.7 Propuesta para mejorar los ANS sin afectar los tiempos de ocio en la mesa de ayuda	105
6.8 Comparación entre el modelo de simulación con Promodel, y teoría de colas, realizada con el simulador de Call Center calculator y la aplicación de Excel para simular modelos Erlang C.....	107
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	113
ANEXOS.....	117
GLOSARIO	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo Proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Telefónica.	15
Figura 2. Diagrama de flujo Proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía portal web en primer nivel.	16
Figura 3. Screenshot de ingreso portal web	17
Figura 4. Estado de la mesa de Ayuda, Plataforma Avaya.	19
Figura 5. Histórico niveles de servicio.	20
Figura 6. Días hábiles del mes de noviembre 2010.	22
Figura 7. Sistema general de atención de una Mesa De Ayuda	30
Figura 8 .Modelo de call center Erlang C	34
Figura 9. Modelo de call center Erlang A	35
Figura 10. Formas de estudiar un sistema según Law Kelton	38
Figura 11. Etapas de un estudio de Simulación.	41
Figura 12. Comportamiento diario de los ANS.	68
Figura 13. Esquema de distribución de las llamadas entrantes.	69
Figura 14. Screenshot plataforma AVAYA, operarios disponibles para atender llamadas	70
Figura 15. Secuencia de filtración de casos vía telefónica	71
Figura 16. Screenshot plataforma Service Center, datos requeridos por el operario al iniciar el contacto con el usuario	72

Figura 17. Screenshot plataforma Service Center categorización del problema de acuerdo a filtros establecidos.....	73
Figura 18. Correo enviado automáticamente por la plataforma Avaya al agente luego de cerrar un caso.	75
Figura 19.Process de la simulación para la mesa de ayuda.....	88
Figura 20. Resultados de las distribuciones de los agentes de la mesa de ayuda arrojados por el programa Crystal Ball.....	90
Figura 21. Campana de Gauss	99
Figura 22. Grafica resumen de los escenarios planteados para la simulación....	105
Figura 23. Screenshot Call center simulator	109
Figura 24. Screenshot Erlan C simulator	110
Figura 25. Tipos de sistemas de colas.....	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de turnos en la Mesa de Ayuda.....	20
Tabla 2. Costo mensual de mantener un agente en la Mesa de Ayuda.....	21
Tabla 3. Tiempo de trabajo por mes de los agentes.....	21
Tabla 4. Técnicas para modelar sistemas complejos	35
Tabla 5. Comportamiento histórico mensual de los ANS.....	67
Tabla 6. Resumen de indicadores de desempeño de la mesa de ayuda diario, durante el horario crítico el mes de Noviembre de 2010.....	78
Tabla 7. Tiempo trabajado por los agentes durante un mes.....	80
Tabla 8. Especificación de los tiempos de descanso.....	81
Tabla 9. Tiempo que deben laborar los agentes en un mes	82
Tabla 10. Pruebas de bondad de ajuste para los tiempos de atención de los agentes	95
Tabla 11. Análisis estadístico de los indicadores de la mesa de ayuda.....	98
Tabla 12. Resumen prueba empírica.....	99
Tabla 13. Tabla resumen escenarios de la simulación con distribución triangular	104
Tabla 14. Tabla resumen escenarios de la simulación con distribución Lognormal	105
Tabla 15. Tabla resumen tiempos de ocio y sobrecarga de trabajo.....	107
Tabla 16. Comparación de los escenarios de acuerdo al tiempo de ocio	108

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Resultado de las variables para 15 agentes.....	115
Anexo B. Resultados locaciones para 15 agentes.....	117
Anexo C. Resumen de indicadores de desempeño de la mesa de ayuda diario, durante el mes de Noviembre de 2010	119
Anexo D. Modelos básico de teoría de colas	121
Anexo E. Diagrama del process del modelo de simulación	131

RESUMEN

En este documento de trabajo de grado, se describe el funcionamiento de una mesa de ayuda; en una primera etapa se describe el funcionamiento del área de estudio donde se quiere encontrar los puntos críticos que traen como consecuencia llamadas perdidas que causan incumplimiento en acuerdos que se realizan con clientes.

En una segunda etapa se realiza la recolección y evaluación estadística de los datos encontrados para poder ingresarlos en una plataforma de simulación PROMODEL®, con el objetivo principal de dimensionar la mesa de ayuda de servicio de soporte técnico en infraestructura; bajo escenarios dimensionamos y analizamos cual es la cantidad de agentes necesarios para reducir el número de llamadas perdidas sin aumentar el tiempo de ocio por parte de los agentes al incrementar los analistas que estarían presentes en la Mesa de Ayuda.

El modelo tiene como objetivo proporcionar la respuesta a cuántos recursos se necesitan para brindar niveles de servicio establecidos.

PALABRAS CLAVES: SIMULACIÓN, MESA DE AYUDA, DIMENSIONAMIENTO, PROMODEL, ESCENARIOS, INFRAESTRUCTURA, LLAMADAS PÉRDIDAS, NIVELES DE SERVICIO, OCIO, AGENTES.

ABSTRACT

This paper explain the operation of a help desk, in a first stage describes how the study area where you will find the critical points that result in missed calls that cause failure to perform agreements with customers.

In a second stage involves the collection and statistical evaluation of the data found to enter into a simulation platform PROMODEL ®, with main objective is to size the help desk technical support in infrastructure gauge and analyze scenarios under which the number of agents is necessary to reduce the number of missed calls without increasing leisure time by the agents to increase the analysts who would be attending the Help Desk..

The model aims to provide the answer to how many resources are needed to provide service levels.

KEYWORDS: SIMULATION, HELP DESK, DESIGN, PROMODEL, SCENARIOS, INFRASTRUCTURE, MISSED CALLS, LEVELS OF SERVICE, LEISURE, AGENTS.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico sobre todo en el ámbito de las telecomunicaciones, ha originado la atención al cliente no presencial. Los call center son muestra clara de este tipo de atención donde se brinda respuesta telefónicamente, para el caso una mesa de ayuda es una herramienta que reduce los tiempos de solución en cuanto a inconvenientes con equipos de computo y de comunicación, también se establece la prestación de servicio con personal que se encuentra 24 horas al día 7 días a la semana.

La mesa de ayuda proporciona un único punto de contacto para todos los usuarios de servicios relacionados con las Tecnologías de Información, respondiendo a las preguntas y problemas, brinda un apoyo inmediato en línea acerca de los problemas relacionados con el software y hardware. La mesa de ayuda resuelve los requerimientos e indica los procedimientos para solicitar los servicios proporcionados por la Coordinación General de Servicios de Tecnología de Información y las Comunicaciones y deriva la llamada al personal apropiado.

Adicionalmente la mesa de ayuda asiste en la notificación de tendencias y de situaciones que permitan alcanzar niveles altos de servicio a la comunidad de usuarios.

El comportamiento de las mesas de ayuda se basa en el principio de la teoría de colas o filas de espera, estudio realizado por A. K. Erlang que modela matemáticamente los procesos de atención de una fila de espera.

A medida que ha ido evolucionando el funcionamiento de los call center se le han ido incorporando nuevas aplicaciones lo que los ha tornado más complejos de modelar mediante la teoría de colas, por esta razón se recurre a la simulación como base para desarrollar un modelo de dimensionamiento de recursos que sea más aproximado a la realidad de las mesas de ayuda.

Con este trabajo se pretende:

- Documentar los procedimientos de atención al usuario que aun no se han realizado, mediante la construcción de diagramas de proceso y descripción de los procesos realizados por la mesa de ayuda.
- Entregar a la compañía una opción con la cual puedan tomar decisiones del número de analistas que son necesarios para disminuir el número de llamadas perdidas, no generar tiempos de ocio, incrementar los niveles de servicio, todos estos puntos validados con PROMODEL® mediante la generación de escenarios donde variara el número de agentes presentes para observar el comportamiento de los datos y así poder generar recomendaciones para el dimensionamiento de la Mesa de Ayuda.
- Exponer el costo al que tendría que incurrir la empresa por el ingreso de los nuevos analistas.
- Exponer los beneficios que se obtendrán al dimensionar la Mesa De Ayuda basado en los ANS.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mesa de ayuda en estudio, es un sistema que apoya en la resolución de problemas técnicos y da respuesta a las diversas preguntas y necesidades de los usuarios, funciona por medio de una única línea telefónica, el usuario puede comunicarse con el grupo de Técnicos en Infraestructura donde cualquiera de los agentes que se encuentran actualmente pueden atenderlo.

Para hacer más fácil de entender la problemática hacemos una breve descripción del proceso de atención en primer nivel:

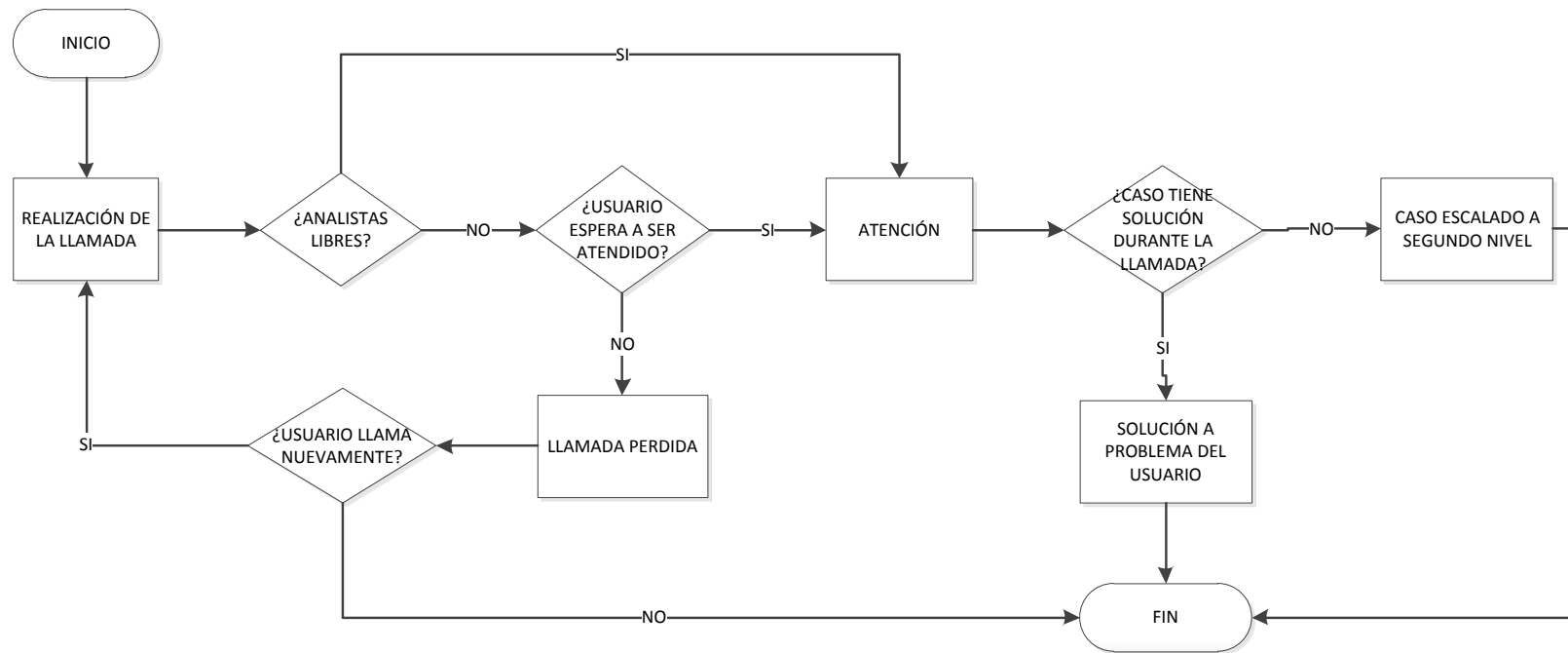
1.1. PROCESO GENERAL DE ATENCIÓN DE USUARIOS EN LA MESA DE AYUDA VÍA TELEFÓNICA

El proceso comienza cuando una llamada ingresa al sistema, la llamada es asignada al analista con mayor tiempo sin llamada, en el caso que ningún analista de la Mesa de Ayuda este libre la llamada queda en espera, entonces el usuario tiene la opción de hacer cola para ser atendido o finalizar la llamada, si el usuario finaliza la llamada la plataforma (Avaya) lo contabiliza como llamada perdida, entonces el usuario determina si llama nuevamente para reiniciar el proceso o finaliza el proceso.

En el evento en que el usuario llame y sea atendido, el agente indagará sobre la problemática del usuario y determinará si puede o no dar solución durante la llamada, si no es posible dar solución, se asignará el caso a personal especializado en el tema. Si el caso es solucionado entonces se dará por terminado el proceso.

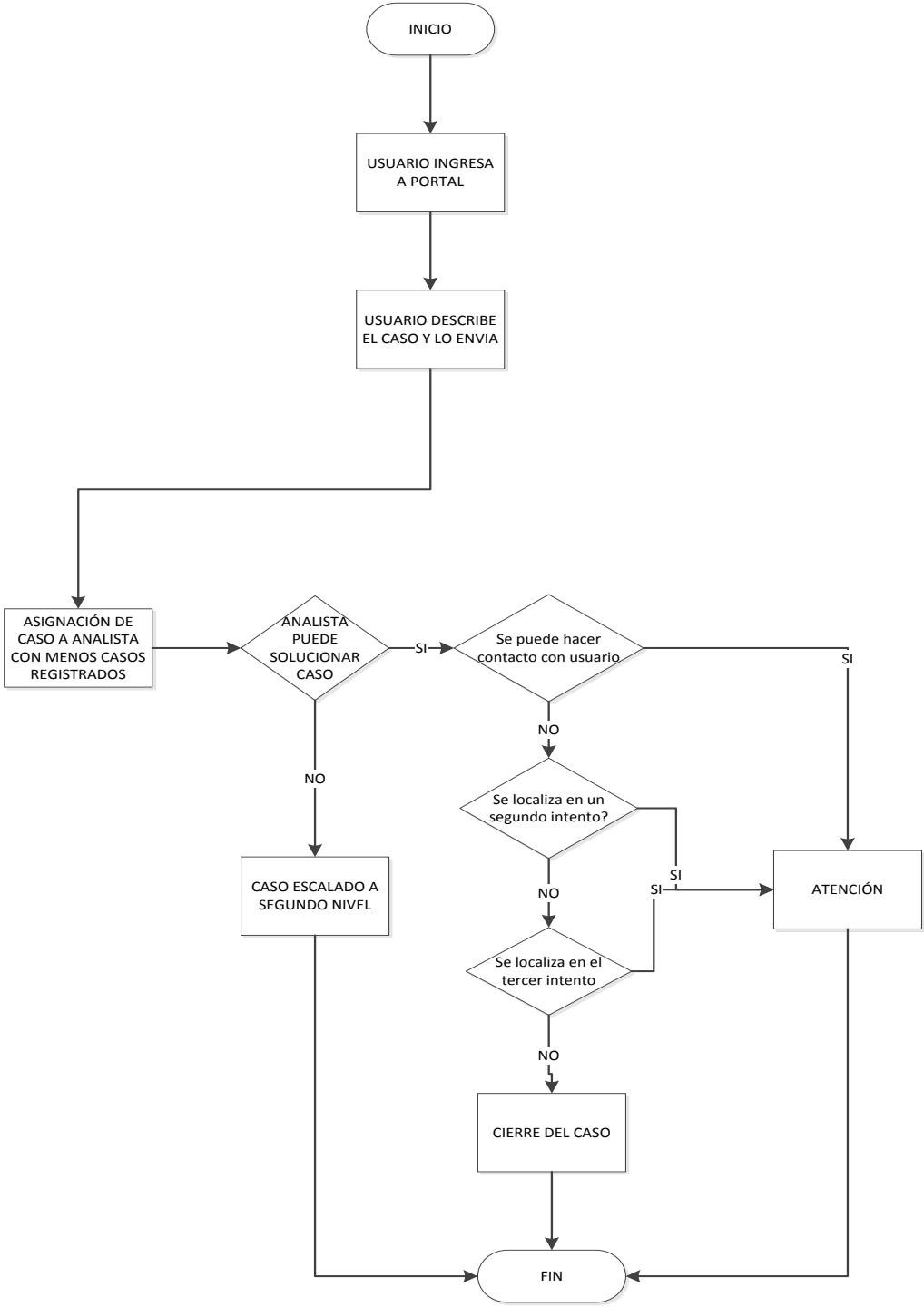
A continuación se muestra en la Figura 1, el diagrama de flujo Proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Telefónica, según el proceso antes descrito.

Figura 1. Diagrama de flujo Proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Telefónica en primer nivel.



Fuente y elaboró: los autores.

Figura 2. Diagrama de flujo Proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía portal web en primer nivel.



Fuente y elaboró: los autores.

1.2. PROCESO GENERAL DE ATENCIÓN DE USUARIOS EN LA MESA DE AYUDA VÍA PORTAL WEB.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo del proceso general de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía portal web (Figura 3). El proceso comienza cuando el usuario ingresa al portal web de soluciones, en este portal expone su caso de forma escrita, y de ser necesario adjunta documentos que lo soporten, el caso es asignado al analista con menos registros en el sistema (Service Center), el analista estudia y determina con base a sus conocimientos si puede abordar el problema descrito en el mensaje, si no puede lo remite a un segundo nivel donde un asesor especializado atiende la problemática.

Figura 3. Screenshot de ingreso portal web.



Fuente: plataforma AVAYA

Si el analista de primer nivel es capaz de resolver el caso, el analista intentará comunicarse con el remitente del mensaje, el procedimiento especifica que el analista realizara hasta tres intentos de comunicarse vía telefónica dejando un mensaje de voz soportado con un correo electrónico que se envía al usuario notificando el intento de contacto con el remitente, si no se logra la comunicación en estos intentos, el caso se dará por cerrado, si se puede comunicar con el usuario se procederá a darle solución.

La plataforma Avaya muestra los siguientes resultados de un día de trabajo normal.

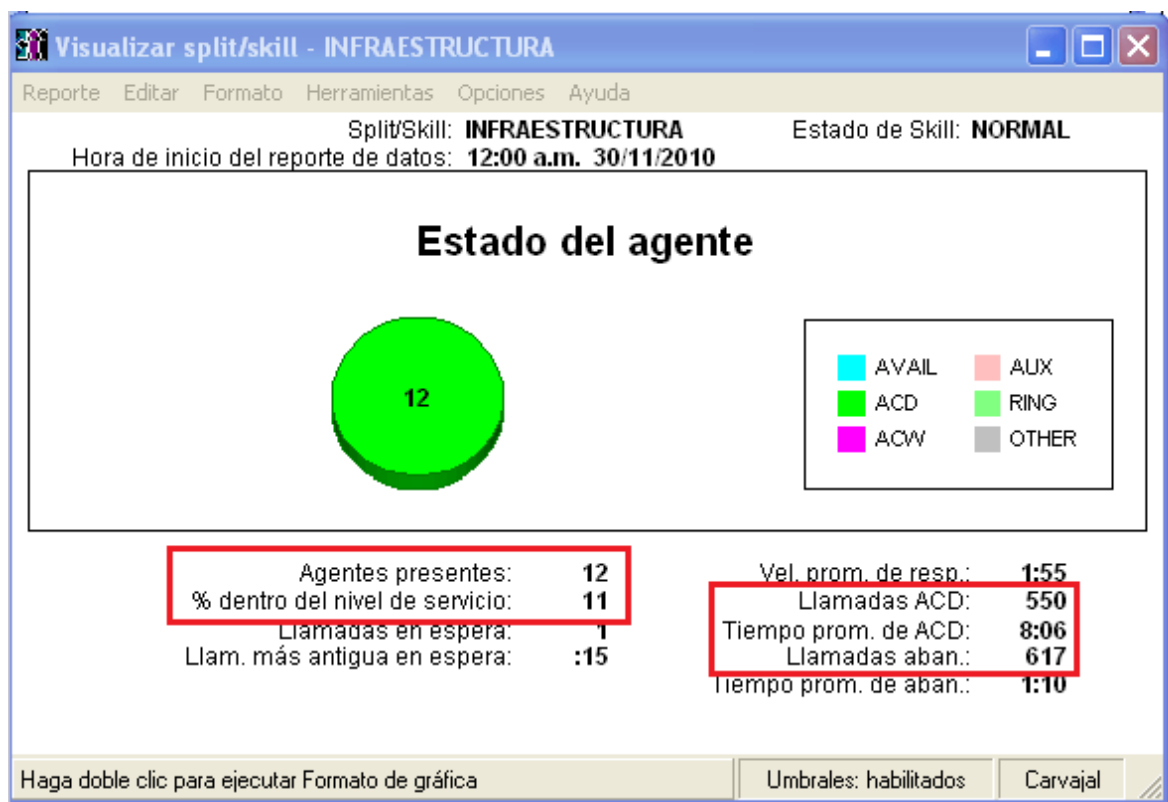
En la figura 3 se observa, que del total de 1167 llamadas que entran al sistema, el 52.8% no se atendieron (617), solo en el 47.2% se contestaron las llamadas (550), se puede apreciar en esta misma figura, que el tiempo promedio de atención de una llamada es de 1 minuto 55 segundos y que el tiempo de promedio de abandono del usuario es de 1 minuto 10 segundos. También que en el momento se encuentran disponibles 12 analistas o agentes presentes.

La figura 3 es un real time o tiempo real del estado de la Mesa De Ayuda, aparece la fecha y hora en el cual fue tomada la imagen para verificar el estado de los analistas y cuantas llamadas se encuentran en el sistema en determinado instante, se utiliza para conocer también el estado del sistema, en algunas ocasiones se utiliza para determinar fallas en el sistema como el no ingreso de llamadas, para poder realizar las correcciones en el sistema Avaya.

La asignación de agentes a la mesa de ayuda se realiza según las especificaciones de la jefatura, se basan en el número de llamadas perdidas durante el mes anterior y teniendo como base que un analista puede atender aproximadamente 400 casos mensuales¹.

¹ Información suministrada por la empresa (Nov. 20 de 2010)

Figura 4. Estado de la mesa de Ayuda, Plataforma Avaya.



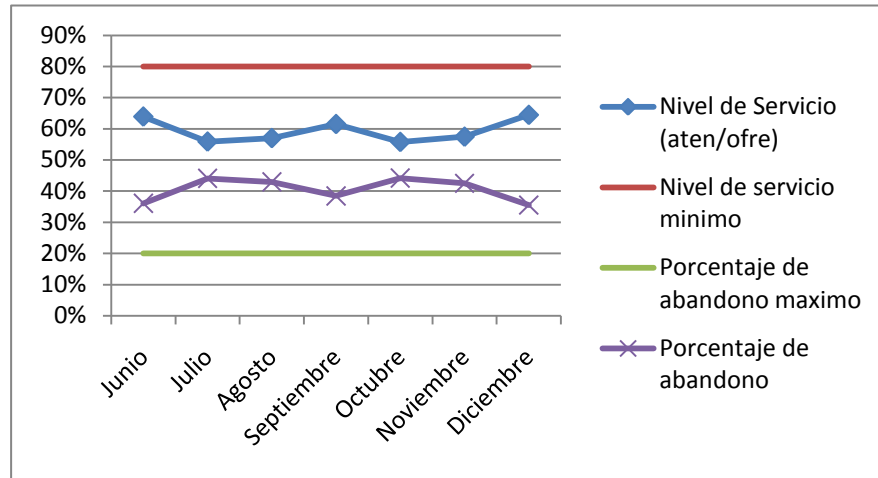
Fuente: Suministrado por la empresa

Esto quiere decir que la cantidad de analistas que se requieren se hace según el criterio de las jefaturas sin tener como base un modelo de asignación de personal para atender este servicio.

Los ANS son los acuerdos con los clientes, establecen que el número de llamadas perdidas no debe superar el 80% del total de las llamadas y en este caso se ve reflejado claramente que solo el 11% de las llamadas están en este rango.

En la figura 5 se observa el histórico de los meses de Junio a Diciembre del 2010, los ANS se encuentran por debajo del 80% que es el mínimo establecido por los clientes. La figura 5 fue elaborada en base a los datos de la tabla 5.

Figura 5. Histórico niveles de servicio.



Fuente y elaboró: Los autores

Para un flujo de llamadas promedio de 1214 diario, el nivel de servicio promedio fue de 57%, los acuerdos de niveles de servicio están establecidos en 80%.

Tabla 1. Distribución de turnos en la Mesa de Ayuda

Turnos de operación	Días de operación	Horario laboral	Cantidad de agentes para ese turno
C1	Lunes a Domingo	6 am a 1 pm	2 agentes
C2	Lunes a Domingo	2 pm a 10 pm	2 agentes
C3	Lunes a Domingo	10 pm a 6 am	1 agente
A	Lunes a Viernes	7 am a 12 pm	10 agentes
		1 pm a 5 pm	

Fuente: Suministrado por la empresa.

La tabla 1, muestra la distribución actual del personal durante la semana laboral, y los horarios que maneja la mesa de ayuda, en la actualidad en la mesa de ayuda

trabajan 15 agentes y funciona las 24 horas al día 7 días a la semana 365 días al año. Los turnos C1, C2, y C3 laboran los días festivos.

El costo de una hora/agente laborada es \$ 7.549. En la tabla No 2 se muestra el costo total de contratar un agente y su instalación (instalación de red, computador, impresora etc.) en la mesa de ayuda, tiene un costo mensual de \$ 1, 570,223.

Tabla 2. Costo mensual de mantener un agente en la Mesa de Ayuda.

Tipo de Costo	Costo por mes
Bonos de alimentación	\$ 45,306
Vales de taxi	\$ 176,688
Sueldo Agente	\$ 1,228,230
Mantenimiento y arrendamiento de equipos	\$ 120,000
Total	\$ 1,570,224

Fuente: Información suministrada por la empresa

Tabla 3. Tiempo de trabajo por mes de los agentes.

Tipo de tiempo	Tiempo mensual (Horas)
Duración de conversación telefónica durante el mes	1953:19:05
Tiempo total dedicado a casos portal web en primer nivel durante el mes	305:35:54
Tiempo otorgado para descanso	73:30:00
Total tiempo de ocupación =Tiempo conversación + Tiempo casos portal + Tiempo de descanso	2332:24:59
Tiempo que debe ser laborado mensualmente por los 15 agentes	2835:00:00
Tiempo de ocio =Tiempo debe ser laborado - Tiempo ocupación	502:35:01

Fuente: Información suministrada por la empresa

Los resultados de la tabla 3 son calculados de la tabla 5; para la duración de la conversación se multiplica el número de llamadas recibidas por tiempo promedio de atención más 25 horas dos minutos del tiempo de atención de los turnos C3; el tiempo total dedicado a portal web se toma de la suma del tiempo total de atención registrado en Service Center por cada uno de los agentes que laboraron en el mes; tiempo otorgado de descanso es la suma de los tiempos de descanso a los que tiene derecho cada agente este tiempo es una política de la empresa; el tiempo que un agente debe laborar son 9 horas diarias por los 21 días hábiles del mes de noviembre.

Figura 6. Días hábiles del mes de noviembre 2010

noviembre 2010						
domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Fuente: <http://geekcomp.com/calendario-de-noviembre-2010/>

Debido a la problemática presentada, se formulan las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la cantidad adecuada de agentes para minimizar la cantidad de llamadas perdidas sin aumentar los tiempos ociosos?
- ¿Cuáles serían los escenarios dentro de los cuales puede funcionar la mesa de ayuda en cuanto a cantidad de personas?
- ¿Cómo la simulación ayudará a mejorar el servicio actual en cuanto ANS?

2. JUSTIFICACIÓN

En un panorama económico como el actual, con un mercado cada vez más exigente, las empresas se ven obligadas a concentrarse en el desarrollo de su actividad a fin de ser competitivas. Esto les lleva a confiar a empresas externas (Call Center, Mesas de Ayuda, Service Desk) especializadas, la gestión de determinados servicios que, siendo fundamentales en sus resultados, no forman parte de su actividad principal.

La realización de este trabajo permite a los estudiantes utilizar los conocimientos adquiridos durante toda la carrera aplicando herramientas que la Ingeniería Industrial ofrece para el mejoramiento de los procesos productivos.

El propósito de este trabajo es aportar a la empresa prestadora del servicio en infraestructura tecnológica una alternativa respecto al número de operadores que deben laborar para atender los flujos entrantes de llamadas en el día. El modelo de simulación que aplicaremos, nos va a permitir analizar el desempeño del proceso actual, con respecto a varios factores tales como: Horarios críticos en los cuales los ANS se ven más afectados, tiempos de ocio, tiempos de espera, demora en la atención. La simulación permitirá buscar el mejor escenario donde los factores mencionados anteriormente se reduzcan y se pueda lograr los objetivos de nivel de servicio establecidos por la compañía.

3. OBJETIVO GENERAL

Dimensionar una Mesa De Ayuda con base en simulación para una empresa prestadora de servicio de soporte técnico en infraestructura.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis de la situación actual de la organización.
- Recopilar los datos necesarios para realizar la simulación.
- Plantear los posibles escenarios para el modelo de simulación.
- Realizar la construcción del modelo de simulación.
- Simular el funcionamiento de la mesa de ayuda bajo los escenarios propuestos.
- Realizar el análisis de los resultados de la simulación.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. MARCO CONCEPTUAL

4.1.2 Definición de simulación

Thomas H. Naylor en su libro² Técnicas de Simulación en Computadoras, define simulación como:

“Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relación matemática y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.”

Robert E. Shannon en su libro³ La Simulación de los Sistemas: El Arte y Ciencia, define simulación como:

“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.”

² NAYLOR, Balintfy y BURDICK-KONG, Chu. Técnicas de Simulación en Computadoras. México D.F.: Editorial Limusa, 1973.p.10.

³ SHANNON, Robert E. La Simulación de los Sistemas: El Arte y Ciencia, los Precipicios de Englewood. N.J.: PRENTICE-HALL, 1975.p.15.

4.1.3 TIPO DE SIMULACIÓN Y NUMERO DE REPLICAS

En este apartado se define dos categorías de simulación, terminales y no terminales y finalmente teniendo claro el tipo de simulación se procede a calcular el número de réplicas. A continuación se explica la anterior clasificación de la simulación en detalle⁴:

- **SIMULACIONES TERMINALES**

Tienen como característica principal la ocurrencia de un evento que da por terminada la simulación. Por ejemplo: si deseamos conocer el tiempo que llevará procesar un lote de 10 unidades, el tiempo requerido para vender 100 periódicos o el número de clientes que se atienden en una cafetería entre las 8:00 y 9:00 am. El análisis estadístico recomendado para este tipo de simulación involucra la utilización de intervalos de confianza y la determinación de la distribución de probabilidad de la variable de salida:

$$IC = \left[\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{r}} \left(\frac{t_{\alpha}}{2} \cdot r - 1 \right) ; \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{r}} \left(\frac{t_{\alpha}}{2} \cdot r - 1 \right) \right]$$

Donde,

IC = Intervalo de confianza

r = Número de réplicas

α = Nivel de rechazo

⁴ GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México D.F.: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. p.106-112.

\bar{X} = Media de los datos

S = Desviación estándar de los datos

- **SIMULACIÓN NO TERMINAL O DE ESTADO ESTABLE**

A diferencia del modelo anteriormente planteado, la simulación no terminal o de estado estable no involucra una ocurrencia en el tiempo en que se tengan que finalizar. Por ejemplo: Si deseamos conocer el número de máquinas que deben instalarse en un sistema de producción cuya operación tiene que mantenerse activa continuamente durante todo el año; podríamos modelar el sistema hasta que la variable de interés llegara a un estado estable. En este caso surge la necesidad de determinar la longitud de corrida para asegurar la estabilización de los resultados del modelo”.

La variable de salida creada para obtener información del sistema, usuario atendidos, contiene la información para hallar el intervalo de confianza (IC) que refuta o acepta el número de réplicas sugerido para el modelo de simulación. A continuación se muestra el procedimiento para determinar si el número de réplicas es el adecuado de acuerdo al intervalo de confianza.

$$IC = \left[\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{r \alpha/2}} ; \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{r \alpha/2}} \right]$$

Donde,⁵

IC = Intervalo de confianza

r = Número de réplicas

⁵ Ibid.,p.37.

α = Nivel de rechazo

\bar{X} = Media de los datos

S = Desviación estándar de los datos

4.1.2 MARCO TEORICO

A continuación se presentan los principios para entender el funcionamiento de un sistema de colas, los modelos que rigen a las colas en un Call Center (el mismo principio aplica para las mesas de ayuda) y finalmente conceptos fundamentales utilizados para simular el modelo de mesa de ayuda.

4.2.1 Teoría de colas para call centers.

La teoría de colas básica aparece en el anexo D donde están las medidas básicas de medición de teoría de colas. Las líneas de espera son una herramienta para la toma de decisiones desarrollada a principios del siglo XX con los primeros estudios de A. K. Erlang⁶ (1909). Las líneas de espera buscan modelar y resolver matemáticamente procesos como atención en peajes, líneas de producción, cajeros, atención de clientes por teléfono en un call center, etc. La teoría de colas o “líneas de espera”, estudia el fenómeno de la espera organizada, que debe hacer un cliente para la obtención de un servicio que presta un agente.

⁶ BROCKMEYER, E: HALSTROM, H. L y JENSEN, Arne .The life and works of A.K. Erlang. Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences, 1948 No. 2. (English Ed.). **21** (2), 1977.278 p.

Prácticamente en todas las organizaciones, existen problemas de colas. La principal razón de este fenómeno, es la limitación en los recursos disponibles, para la atención de todos los clientes que buscan ser servidos por la organización.

El funcionamiento de los call center y las mesas de ayuda se fundamentan en los mismos conceptos de teoría de colas (un sistema formado por uno o más servidores que proporcionan un servicio a clientes que entran en el sistema, si los servidores están ocupados los clientes pasan a una cola o estado de espera hasta ser atendidos) podemos tomar como referencia para nuestro problema en la mesa de ayuda, artículos, tesis y libros que tratan esta problemática a profundidad en Call Centers.

4.2.2 Modelo general

4.2.2.1 Funcionamiento de una mesa de ayuda

Una mesa de ayuda o Help Desk, está compuesto por dos sistemas importantes, un complejo sistema tecnológico y un sistema de interacciones humanas usuario-agente.

En la figura 7 podemos observar un sistema compuesto por N agentes atendiendo las llamadas de K usuarios con una cantidad de $N+K$ líneas telefónicas (con $k \geq 0$).

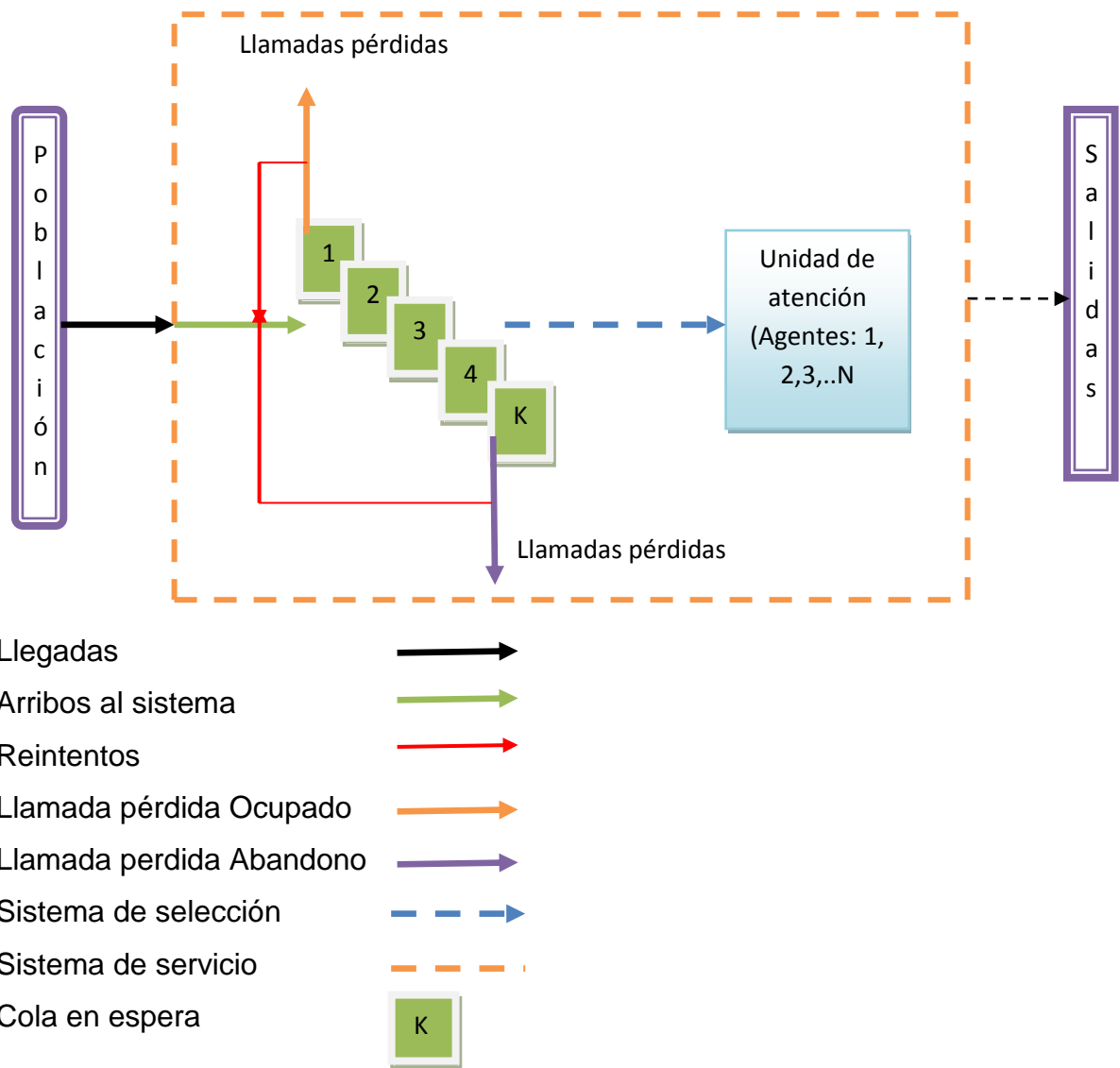
Un cliente cuando llama tiene dos resultados posibles:

1. Ser atendido inmediatamente si hay algún agente libre.
2. Esperar en cola, si todos los agentes están ocupados y hay líneas libres.

En caso de que el cliente se quede en cola esperando, existen dos posibilidades:

1. Esperar hasta ser atendido, cuando algún agente se libere.
2. Abandonar el sistema sin ser atendido. Además existen los reintentos, tanto para el caso de bloqueos como de abandonos, siendo estos los clientes que vuelven a llamar.

Figura 7. Sistema general de atención de una Mesa De Ayuda



Fuente y elaboró: Los autores

4.2.3 Indicadores de desempeño

A continuación se presenta los principales indicadores utilizados para analizar el desempeño de un Call Center⁷. Aplicados a este trabajo de grado.

- **Nivel de servicio:** Es el indicador de desempeño principal, desde el punto de vista del cliente. En general se lo denomina SL (Service Level). Corresponde al porcentaje de llamadas que son atendidas dividido el total de llamadas que entraron al sistema.

$$SL = \frac{\text{No de llamadas atendidas en el mes}}{\text{No de llamadas ofrecidas en el mes}} * 100$$

- **Porcentaje de abandonos:** Corresponde a la fracción de llamadas del total que arriban, en que los clientes abandonan por agotar su paciencia.

$$Pa = \frac{\text{No de llamadas abandonadas}}{\text{No de llamadas ofrecidas}} * 100$$

- **Porcentaje de ocupación de los agentes:** Corresponde a la fracción de tiempo del total que opera la mesa de ayuda, en que los agentes están atendiendo llamadas.

$$P(TO) = \sum \frac{\text{T tiempo atendiendo llamadas en el mes}}{\text{T tiempo total de trabajo de la mesa de ayuda en el mes}} * 100$$

⁷ CAPDEHOURAT, Germán. Análisis y Diseño de Call Centers. Trabajo Final de evaluación de Performance de Redes de Telecomunicaciones. Monte video-Uruguay.: Universidad de la república. Facultad de ingeniería eléctrica. 2006. p. 3.

- **Tiempo de ocio:** corresponde a la fracción de tiempo en que el agente o los agentes se encuentran inactivos.

$$\textit{Tiempo de Ocio} = 1 - \textit{Porcentaje de ocupacion de los agentes}$$

4.2.4. Modelos basados en teoría de colas

Como se menciona al comienzo del apartado 5, el estudio de los Call Centers se basa principalmente en la teoría de colas, se utiliza un proceso de nacimiento y muerte para modelar la cola de espera del Call Center.

A continuación se presentan modelos matemáticos propuestos por el matemático danés de apellido ERLANG a principios de siglo XX para explicar el comportamiento de la cola y las variaciones que pueda tener en el tiempo.

- **Erlang-C⁸**

El modelo tradicional para el dimensionado de Call Centers es el M/M/N (de acuerdo a la notación de Kendal, la distribución de tiempo entre llegadas y la de tiempo de servicio son exponenciales) N representa la cantidad de agentes y el número de líneas 1. Este modelo considera arribos y tiempos de servicio exponenciales de tasas λ y μ (λ =número de llamadas que llegan al sistema en un determinado tiempo, μ = cantidad de usuarios que atiende un agente en determinado tiempo) respectivamente. No se toma en cuenta las demás posibilidades presentadas como abandonos, bloqueos, reintentos, etc.

La figura 8 es el modelo de Erlang-C. A partir de este modelo, podemos llegar a una expresión analítica para el SL y el ASA, en función de N, λ , μ .

⁸ KOOLE ,Ger . Call Center Mathematics: A scientific method for understanding and improving contact centers. Publication. Version of January 26, 2007. p.15.

$$E_c(N, p) = \left(\frac{p^N}{(N-1)!(N-p)} \right) \left(\frac{1}{\frac{p^N}{(N-1)!(N-p)} + \sum_{j=0}^{N-1} \left(\frac{p^j}{j!} \right)} \right)$$

Donde $p = \lambda / \mu$ quedan:

$$SL = 1 - E_c(N, p) \times e^{-(N-p) \cdot AWT \cdot \mu}$$

$$ASA = \frac{E_c(N, p)}{(N, p) \cdot \mu}$$

Donde:

AWT: Tiempo de espera aceptable para un cliente

ASA: Velocidad media de respuesta= Tiempo medio de espera.

SL: Nivel de servicio= TSF

N: Número de agentes

P: Valor del tráfico Erlang=Carga Erlang= $\lambda \cdot \mu$ /unidad de tiempo (h,min,seg)

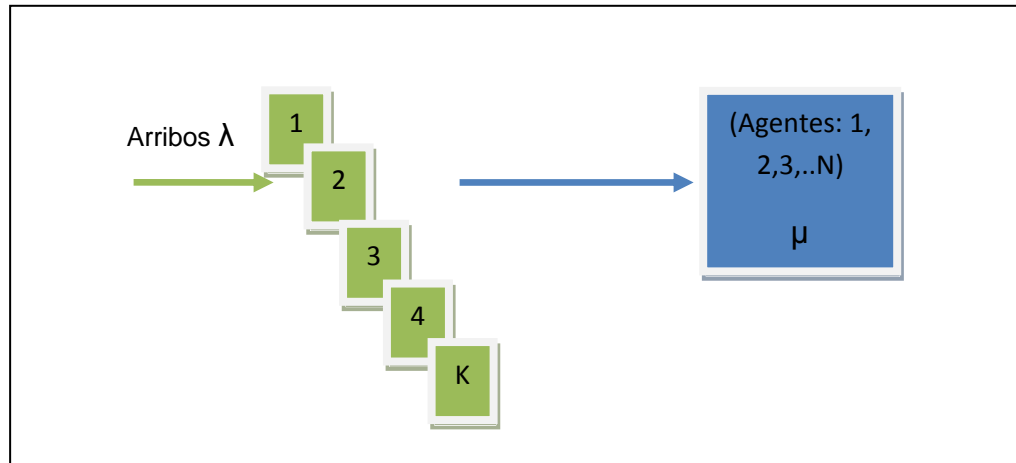
e = Constante

λ =número de llamadas que llegan al sistema en un determinado tiempo

μ = cantidad de usuarios que atiende un agente en determinado tiempo

$E_c(N, p)$ = probabilidad de que una llamada arbitraria encuentra todos los agentes ocupados.

Figura. 8 Modelo de Call Center Erlang C



Fuente y elaboró: Los autores

- **Erlang-A: Considerando abandonos**⁹

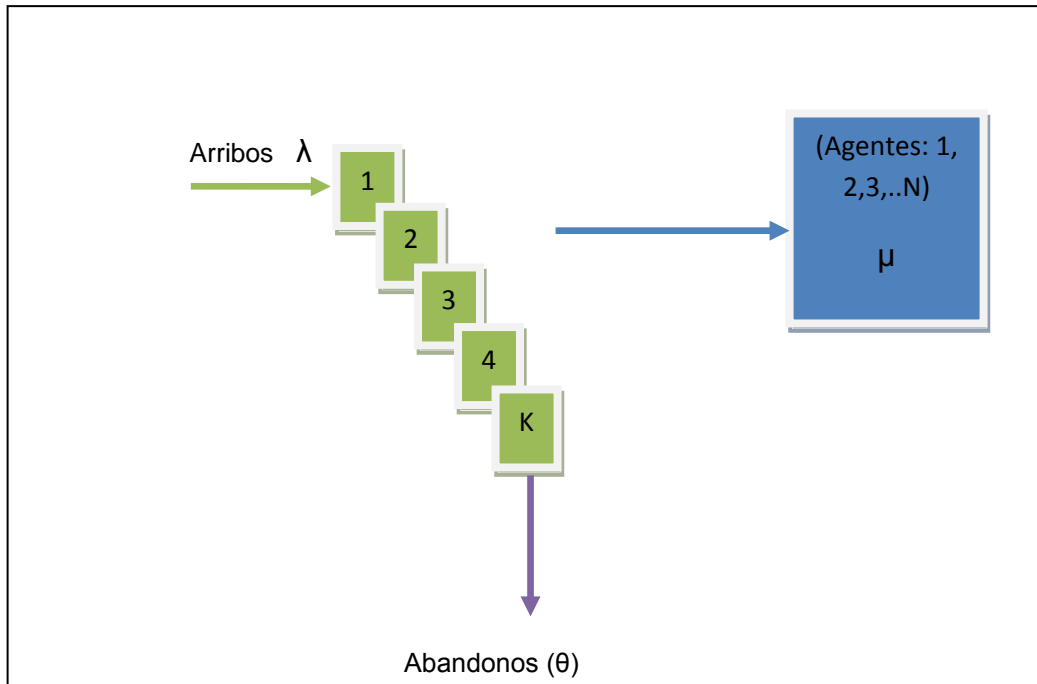
Este modelo, es una extensión del anterior y se basa en los resultados de Palm¹⁰. Se denomina M/M/N+M, puesto que se modela la paciencia de los clientes mediante una variable aleatoria exponencial, donde los abandonos se producen a tasa θ . Esto significa que el tiempo medio que un cliente espera en ser atendido es $1/\theta$. En este modelo se argumenta la importancia de considerar los abandonos.

Como se observa en la figura 9, la cadena asociada al modelo de Erlang-A difiere de la de Erlang-C cuando se tienen por lo menos N+1 clientes en el sistema, es decir a partir de que la cola no está vacía. También es posible en este caso hallar la solución analítica, pero resulta más complejo que para Erlang-C.

⁹ CAPDEHOURAT. Op.cit., p.42.

¹⁰ C. Palm. Research on telephone traffic carried out by full availability groups. 1957.

Figura 9. Modelo de Call Center Erlang A



Fuente y elaboró: Los autores

La Teoría de Colas es una aproximación matemática potente para la optimización del problema, y tiene aplicaciones (crecientes) en sistemas donde las llegadas y el servicio admiten una representación matemática (probabilística); existen otras técnicas, como muestra la tabla 4.

Tabla 4. Técnicas para modelar sistemas complejos

Heurísticos	Modelos de aproximación lineal	Teoría de Colas: modelos analíticos	Simulación
--------------------	---------------------------------------	--	-------------------

Fuente: Leoncio Hertz Fernández Jeri- Universidad Nacional Agraria La Molina

- **Heurísticos:** reglas derivadas de la experiencia que no tratan de optimizar el problema sino de dar directrices simples para una aplicación “razonablemente eficaz”.
- **Modelos lineales:** Es una técnica utilizada para desarrollar modelos matemáticos, diseñada para optimizar el uso de los recursos limitados en una empresa u organización. Es la interrelación de los componentes de un sistema, en términos matemáticos (en forma ecuaciones o inecuaciones lineales) llamado Modelo de Programación Lineal.

Los Modelos Matemáticos de Programación Lineal pueden ser: de Maximización o de Minimización, indicados en la Función Objetivo del Modelo.

- **Simulación:** construcción de modelos detallados de simulación por ordenador. En particular, donde el modelo se basa en datos obtenidos de aplicaciones reales.

4.2.5 SIMULACION DE SISTEMAS

La simulación de sistemas ha contribuido a desarrollar aún más el estudio de los sistemas de colas. El aporte de la simulación radica en el hecho de que ya no es necesario modelar matemáticamente la totalidad de la realidad para poder representarla (esto puede resultar demasiado complicado en algunos casos), sino que se puede intentar reproducir el comportamiento de los elementos más complejos de un sistema para complementar un modelo matemático sencillo. Otra ventaja de la simulación aplicada al estudio de sistemas es que permite estudiar sistemas dinámicos en el tiempo, proporcionando soluciones también dinámicas para distintos escenarios (contribución destacable a la experimentación y al diseño). A continuación se mencionan otras ventajas de la simulación:

Ventajas:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema, al hacer alteraciones en el modelo del sistema y observando los efectos de esas alteraciones en el comportamiento del sistema¹¹.
- Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- En problemas de gran complejidad, la simulación permite generar una buena solución.
- En la actualidad los paquetes de software para simulación tienden a ser más sencillos, lo que facilita su aplicación.
- Generalmente es más barato mejorar el sistema vía simulación que hacerlo directamente en el sistema real.
- Es mucho más sencillo comprender y visualizar, los métodos de simulación que los métodos puramente analíticos.
- Gracias a las herramientas de animación que forman parte de muchos de esos paquetes es posible ver cómo se comportará un proceso una vez que sea mejorado.
- Los métodos analíticos casi siempre se desarrollan, para sistemas relativamente sencillos donde suele hacerse un gran número de suposiciones o simplificaciones, mientras que con los modelos de simulación es posible analizar sistemas de mayor complejidad o con mayor detalle¹².
- La técnica de simulación puede ser usada para experimentar, sobre nuevas situaciones donde se tiene poca o ninguna información. A través de esta

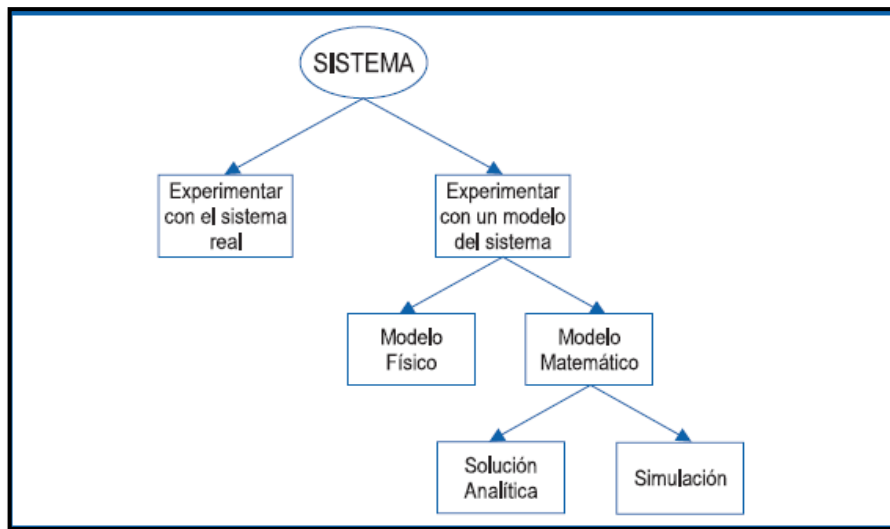
¹¹ COSS BU Raúl. Simulación: Un enfoque práctico. México D.F; Limusa, S.A. 2003. p.17.

¹² ASARANG, Mohammad R, y GARCÍA DUNNA. Op.cit. p.71.

experimentación se puede anticipar mejor a posibles resultados no previstos.

- Cuando nuevos elementos son introducidos en un sistema, la simulación puede ser utilizada para anticipar cuellos de botella o algún otro problema que pueda surgir en el comportamiento del sistema.

Figura 10. Formas de estudiar un sistema según Law Kelton



Fuente: Jaime Barceló- Simulación de sistemas discretos

La figura 10 muestra la forma como se estudia un sistema y como se puede abordar una determinada problemática que presente el sistema como un modelo analítico o como un modelo de simulación dependiendo de las características del sistema.

Es recomendable utilizar simulación en algunos casos es la única forma de investigar sistemas complejos, en los que estén presentes elementos estocásticos que difícilmente pueden ser tratados con la precisión adecuada en un modelo matemático. La simulación permite mantener un mayor control sobre las condiciones experimentales que el que se puede mantener en la experimentación

con el sistema físico. Por otra parte la simulación permite estudiar el comportamiento del sistema en períodos de tiempo de cualquier longitud, comprimidos a la duración de la ejecución del simulador en un computador, permite realizar cambios en el sistema sin necesidad de realizar cambios físicos y estudiar las variaciones de estos cambios en modelo.

4.2.6. Etapas para el desarrollo de una simulación¹³

A continuación se describen cada una de las etapas que se llevaron a cabo para la simulación de la mesa de ayuda.

Componentes básicos de un modelo de simulación

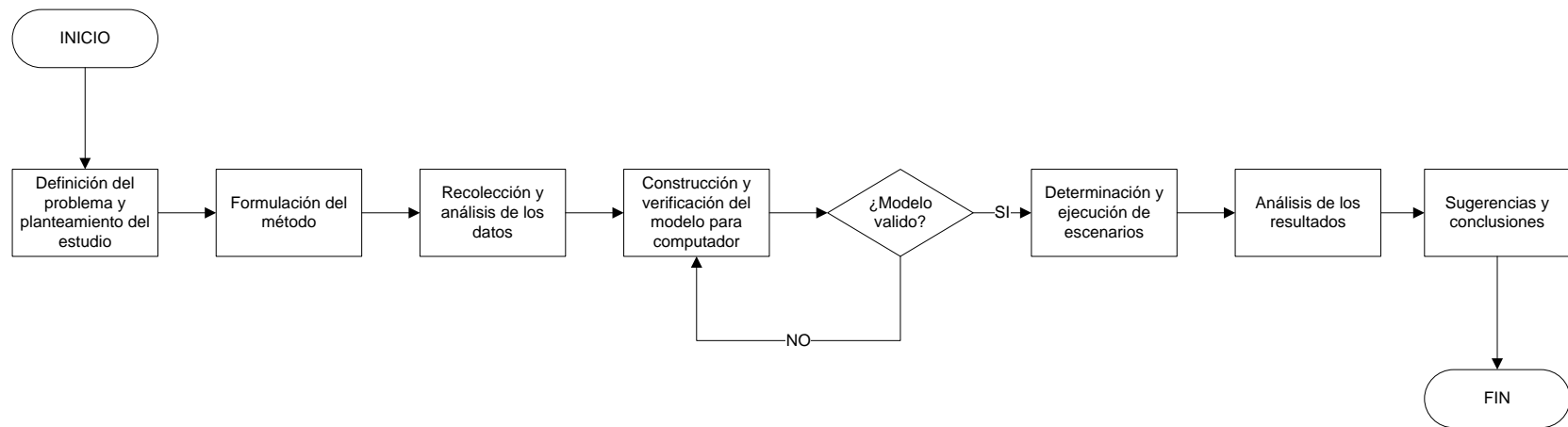
- **Sistema:** conjunto de partes inter relacionadas, que interactúan con el fin de conseguir un fin o meta común.
- **Entidades:** son las responsables que el estado de un sistema cambie, y se definen como los flujos de entrada de un sistema.
- **Eventos:** se define como el cambio del estado que se encuentra un sistema, los eventos se pueden catalogar como actuales y futuros. Los eventos actuales son los que cambian el sistema en un momento dado, los eventos futuros son cambios que presenta el sistema después del tiempo de simulación.
- **Localizaciones:** son lugares donde la materia prima sufre una transformación o espera para pasar a otra estación y ser transformada.
- **Atributos:** son características propias de cada entidad (un ejemplo de un atributo de una entidad sería su color, peso, tamaño, etc.)

¹³ GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México D.F.: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. p.10-13.

- **Variables:** son condiciones o características que pueden variar o modificar sus valores de acuerdo a reacciones lógicas y ecuaciones matemáticas.
- **Indicadores:** son valores que me permiten medir y controlar el funcionamiento y la efectividad de cada proceso que compone un sistema.
- **Restricciones:** son condiciones que limitan el sistema, las limitaciones más frecuentes están relacionadas con el recurso económico, recurso tiempo, y que tipo de tratamiento se le debe dar a la información.

Definición del problema y planificación del estudio. Para tener una definición exacta del sistema que se desea simular, es necesario en primer lugar realizar un análisis preliminar del sistema en estudio en nuestro caso la mesa de ayuda, con el fin de determinar la interacción de nuestro sistema con otros, que puedan afectar su funcionamiento, las restricciones del sistema, las variables que intervienen en el sistema, las medidas de efectividad (indicadores de performance) que se puedan utilizar para definir y estudiar el sistema y los resultados que se esperan obtener del estudio. Es importante contar con la información suficiente para lograr establecer un modelo conceptual del sistema bajo estudio, incluyendo sus fronteras y todos los elementos que lo componen, además de las interacciones entre éstos, flujos de productos, personas y recursos, así como las variables de mayor interés para el problema.

Figura 11. Etapas de un estudio de Simulación



Fuente: Elaboró: Los autores

- **Formulación del modelo.** Una vez que estén definidos con precisión los resultados que se esperan obtener del estudio y se ha determinado el sistema en términos de un modelo conceptual, la siguiente etapa consiste en definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados (modelo de simulación base). En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables, que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describan en forma completa al modelo en estudio
- **Recolección y análisis de datos.** Es factible que la facilidad para obtener algunos datos o la dificultad para conseguir otros, puedan afectar la formulación y desarrollo del modelo. En esta etapa se debe determinar qué información es útil para la determinación de las distribuciones de probabilidad asociadas a cada una de las variables aleatorias innecesarias para la simulación. Aunque en algunos casos se logra contar con datos estadísticos, suele suceder que el formato de almacenamiento o de generación de reportes no es el apropiado para facilitar el estudio. El análisis de los datos necesarios para asociar una distribución de probabilidad a una variable aleatoria, así como las pruebas que se debe aplicar a los datos. Al finalizar la recolección y análisis de datos para todas las variables del modelo, se tendrán las condiciones necesarias para generar una versión preliminar del problema que se está simulando.
- **Generación del modelo preliminar.** En esta etapa se integra la información obtenida a partir del análisis de los datos, los supuestos del modelo y todos los datos que se requieran para tener un modelo lo más cercano posible a la realidad del problema bajo estudio.
- **Verificación del modelo.** Una vez que se han identificado las distribuciones de probabilidad de las variables del modelo y se han implantado los supuestos acordados, es necesario realizar un proceso de

verificación de datos para comprobar la propiedad de la programación del modelo, y comprobar que todos los parámetros usados en la simulación funcionen correctamente. Por otro lado, no se debe descartar la posibilidad de que ocurran errores humanos al alimentar el modelo con la información. Incluso podría darse el caso de que los supuestos iniciales hayan cambiado una o varias veces durante el desarrollo del modelo. Por lo tanto, debemos asegurarnos de que el modelo que se va a ejecutar esté basado en los más actuales.

- **Validación del modelo**

Una de las principales etapas en un estudio de simulación es la validación. Esta etapa tiene como objetivo determinar la habilidad que tiene un modelo para representar el sistema real. El proceso de validación consiste en realizar una serie de pruebas en el modelo, utilizando información de entrada del modelo datos reales, para observar su comportamiento y analizar sus resultados. También existen otras formas de validar un modelo de simulación¹⁴ como lo son:

1. La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
2. La exactitud con que se predicen datos históricos.
3. La exactitud en la predicción del futuro.
4. La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar al sistema real.
5. La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que genere el experimento de simulación.

¹⁴ COSS BU Raul.Op.cit., p.13.

- **Determinación de los escenarios para el análisis.** Tras validar el modelo es necesario acordar con el cliente los escenarios que se quiere analizar. Una manera muy sencilla de determinarlos consiste en utilizar un escenario pesimista, uno optimista y uno intermedio para la variable de respuesta más importante. Sin embargo, es preciso tomar en cuenta que no todas las variables se comportan, igual ante los cambios en los distintos escenarios, por lo que tal vez sea necesario que más de una variable de respuesta se analice bajo las perspectivas pesimista, optimista e intermedia.
- **Análisis de sensibilidad.** Después de obtener los resultados de los escenarios es importante realizar pruebas estadísticas que permitan comparar los escenarios con los mejores resultados finales. Si dos de ellos tienen resultados similares será necesario comparar sus intervalos de confianza respecto de la variable de respuesta final. Si no hay intersección de intervalos podremos decir con certeza estadística que los resultados no son iguales; sin embargo, si los intervalos se traslapan será imposible determinar, estadísticamente hablando, que una solución es mejor que otra. Si se desea obtener un escenario "ganador" en estos casos, será necesario realizar más réplicas de cada modelo y/o incrementar el tiempo de simulación de cada corrida. Con ello se busca acortar los intervalos de confianza de las soluciones finales y, por consiguiente, incrementar la probabilidad de diferenciar las soluciones.
- **Sugerencias y conclusiones.** Una vez realizado el análisis de los resultados, es necesario efectuar sugerencias tanto del uso del modelo como sobre los resultados obtenidos, con el propósito de realizar un reporte más completo. Por último, deberán presentarse asimismo las conclusiones del proyecto de simulación, a partir de las cuales es posible obtener los reportes ejecutivos para la presentación final.

4.2.7. PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Para realizar el análisis de los tiempos de atención y determinar qué tipo de distribución tiene cada agente se recurrió a estas 3 pruebas de bondad de ajuste, estas pruebas son realizadas para comprobar los datos generados por las plataformas Crystal Ball 11.1.1.1.00 y Minitab 16, los resultados serán comparados en la etapa 3 del trabajo de grado:

4.2.7.1 Prueba chi-cuadrada¹⁵

Es necesario probar si una variable o unos datos siguen determinada distribución de probabilidad, un método para hacer esta prueba es el de bondad de ajuste o chi-cuadrado.

Se trata de una prueba de hipótesis a partir de datos, basada en el cálculo de un valor llamado estadístico de prueba, suele comparársele con un valor conocido como valor crítico mismo que se obtiene generalmente de tablas estadísticas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y varianza de los datos.
3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo n_j .
4. Establecer explícitamente la hipótesis nula, proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.

¹⁵ GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN Leopoldo.Op.cit., p. 57.

H0: La variable tiene distribución X con parámetros y

H1: La variable no tiene la distribución X

5. Calcular la frecuencia esperada, e_j a partir de la función de probabilidad propuesta.
6. Calcular el estadístico de prueba:

$$T = \sum_{j=1}^m \frac{(n_j - e_j)^2}{e_j}$$

$$\text{Donde: } e_j = n * p_j \quad \sum_{j=1}^m p_j = 1$$

n_j : frecuencia observada en la muestra

e_j : frecuencia esperada según la distribución teórica

n : tamaño de la muestra

7. Definir el nivel de significancia de la prueba, α , y determinar el valor crítico de la prueba, $X_{\alpha, m-k-1}^2$ (x es el número de parámetros estimados en la distribución propuesta).
8. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

4.2.7.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov ¹⁶

Desarrollada en la década de los treinta del siglo XX, esta prueba permite al igual que la prueba Chi-cuadrada determinar la distribución de probabilidad de una serie de datos. Una limitante de la prueba de Kolmogorov-Smirnov consiste en que solamente se puede aplicar al análisis de variables continuas. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener al menos 30 datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Crear un histograma de $m = \sqrt{n}$ intervalos, y obtener la frecuencia observada en cada intervalo O_j .
4. Calcular la probabilidad observada en cada intervalo $PO_j = \frac{O_j}{n}$ esto es, dividir la frecuencia observada O_j entre el número total de datos, n .
5. Acumular las probabilidades PO_j para obtener la probabilidad observada hasta el i-esimo intervalo POA_j ,
6. Establecer explícitamente la hipótesis nula, proponiendo una distribución de probabilidad que se ajuste a la forma del histograma.
Hipótesis nula (H_0)
Hipótesis alterna (H_a)
7. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada intervalo PEA_j a partir de la función de probabilidad propuesta.
8. Calcular el estadístico de prueba:

$$C = \text{Max}|PEA_j - POA_j| \quad j= 1, 2, 3, 4 \dots k \dots m.$$

¹⁶ Ibid.,p. 59.

9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar el valor crítico de la prueba, $D_{\alpha,n}$ (consultar la tabla de valores críticos de la prueba de Kolmogorov-Smirnov).
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

4.2.7.2 Prueba de Anderson-Darling¹⁷

Dada a conocer en 1954, esta prueba tiene como propósito corroborar si una muestra de variables aleatorias proviene de una población con una distribución de probabilidad específica. En realidad se trata de una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aunque tiene la virtud de detectar las discrepancias en los extremos de las distribuciones. La principal desventaja de la prueba de Anderson-Darling estriba en que es necesario calcular los valores críticos para cada distribución. Actualmente es posible encontrar tablas de valores críticos para las distribuciones normal, lognormal, exponencial, log-logística, de Weibull y valor extremo tipo I. El procedimiento general de la prueba es:

1. Obtener n datos de la variable aleatoria a analizar.
2. Calcular la media y la varianza de los datos.
3. Organizar los datos en forma ascendente: Y_i donde $i=1, 2, \dots, n$.
4. Ordenar los datos en forma descendente: Y_{n+1-i} donde $i=1, 2, \dots, n$.
5. Establecer explícitamente la hipótesis nula, proponiendo una distribución de probabilidad.
6. Calcular la probabilidad esperada acumulada para cada número Y_i , $PEA(Y_i)$, y la probabilidad esperada acumulada para cada número, $PEA(Y_{n+1-i})$ a partir de la función de probabilidad propuesta.

¹⁷Ibid., p. 62.

7. Calcular el estadístico de prueba:

$$A_n^2 = - \left[n + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) [1nPEA(Y_i) + 1n(1 - PEA(Y_{n+1-i}))] \right]$$

8. Ajustar el estadístico de prueba de acuerdo con la distribución de probabilidad propuesta.
9. Definir el nivel de significancia de la prueba α , y determinar su valor crítico, $a_{\alpha,n}$.
10. Comparar el estadístico de prueba con el valor crítico. Si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico no se puede rechazar la hipótesis nula.

4.2.8 Descripción del modelo básico de organización de soporte técnico definido por el Help Desk Institute (HDI)¹⁸

El modelo básico de organización de soporte definido por el Help Desk Institute (Steven Murtagh, Healthcare for your HelpDesk, 1995) y la estructura E-Support documentada por HDI (Jana Jonson, Service and Support Handbook, 2002), se explica a continuación:

- **NIVEL 0. Auto ayuda**

Nivel de soporte en que el usuario se asiste así mismo por medio de herramientas o sistemas que le permiten resolver su requerimiento. Se considera dentro de este nivel la capacitación brindada al usuario/cliente para que pueda desarrollar

¹⁸ LÓPEZ VÁSQUEZ, Edgar Haroldo. Implementación del modelo administrativo de soporte técnico informático, en la superintendencia de administración tributaria. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos. Facultad de Ingeniería Industrial. 2006. 102 p.

algunas tareas de soporte. Si no logra resolver el problema se escala al siguiente nivel.

- **NIVEL 1. Service desk o nivel de entrada**

Punto central de contacto de usuarios/clientes con la unidad de soporte técnico. Responsable por la recepción del reporte de falla, diagnóstico preliminar, cierto nivel de solución y escalamiento del incidente al siguiente nivel si no logra resolver la falla.

Documenta la solución al incidente en caso de resolverlo. También brinda información a clientes con incidentes en proceso de atención.

- **NIVEL 2. Soporte técnico**

Atención de incidentes, responsable por la restauración del funcionamiento normal de equipos y sistemas en el menor tiempo posible. Documenta la solución al incidente presentado. Seguimiento a la atención de incidentes, responsable por la continuidad en la atención a una falla reportada, de la facilitación de recursos requeridos por los técnicos de soporte y del escalamiento de incidentes al siguiente nivel en caso no sea resuelto. Responsable por la documentación de los procesos de soporte y su actualización posterior. Aun cuando el incidente sea escalado, el seguimiento sigue a cargo de este nivel.

- **NIVEL 3. Especialistas**

Nivel de especialización donde se encuentran incluidos todos los ingenieros, administradores de sistemas, administradores de base de datos, personal normativo, etc. Que esté involucrado en la resolución de un incidente y no pertenezca a la unidad de soporte técnico.

- **NIVEL 4. Análisis de Incidentes/problemas retroalimentación**

Responsable por la depuración de la Base de Datos del Conocimiento (BDDC), alimentada con los reportes de incidentes y las soluciones que aplicó el personal de soporte técnico. Análisis de la frecuencia de los incidentes y de la implementación de herramientas o procesos para habilitar el NIVEL 0 o Auto-Ayuda, dentro de la organización. Capacitación del personal de soporte técnico en aspectos relacionados a la tecnología y a los procedimientos definidos para las actividades de soporte.

A continuación se presenta una descripción general de los niveles que componen la mesa de ayuda, la estructura y sus funciones.

4.2.9 Modelo general de organización de soporte técnico por niveles de una mesa de ayuda

4.2.9.1 Modelo de organización de soporte técnico Nivel 1, Service Desk

Este nivel es el punto de entrada para los usuarios del servicio que presta la mesa de ayuda. Todos los problemas relacionados con el servicio, se podrán dirigir a este nivel, siendo este nivel el contacto entre el usuario y los procesos de soporte de servicio.

Definición Nivel 1.

El *Service Desk* provee la ventana principal para el contacto entre el cliente o usuario con la organización del servicio en el trabajo diario. Dentro del esquema

de soporte técnico se considera al Service Desk como el **Nivel 1**. El *Service Desk* es la unidad responsable de las siguientes actividades:

- Proveer un punto sencillo de contacto para los clientes o usuarios. El *Service Desk* provee un contacto “día a día” entre clientes, usuario, servicios TI y la tercera persona que apoya las organizaciones. A nivel operacional, su objetivo es proveer un punto de contacto sencillo para proporcionar consejos, guías, y está también involucrado en proporcionar una restauración rápida de los servicios normales a sus clientes y usuarios a raíz de cualquier alteración del servicio.
- Clasificación de Incidentes
La clasificación de los incidentes es un rol importante del *Service Desk*. La última clasificación de un incidente podría variar según la que se reporte inicialmente. El cliente / usuario reporta un "indicio" del incidente y no necesariamente la raíz del problema. Sin embargo, el proceso de la clasificación del incidente no debería ser tan complicado como para agregar tantas clasificaciones.
- Control del Incidente
El *Service Desk* debería reconocer el proceso de control de incidentes y monitorear el progreso de todos los incidentes sin tomar en cuenta el origen.
- Proveer información sobre el avance en la atención de un incidente. El *Service Desk* forma la interfaz principal día a día entre la organización de servicio y los usuarios. Mientras el *Service Desk* desempeña un rol activo como un canal de comunicación para el control de incidentes, este también provee un punto de contacto para consultas en general en asuntos de

servicios y la difusión de la información relevante (por ejemplo: vía boletines, mensajes del sistema, etc.).

Funciones Nivel 1

- Registrar los incidentes reportados en la aplicación para seguimiento de proyectos (*Racional Clear Quest*).
- Apoyar la resolución del incidente y registrar la solución en la Base de Datos de Conocimiento (BDDC).
- Escalar los incidentes que no haya resuelto al siguiente nivel de soporte (N2).
- Brindar información a los usuarios sobre el avance en la solución de los incidentes reportados o de los casos de equipo en reparación.
- Efectuar el monitoreo de enlaces de comunicaciones y contactar al proveedor al momento de falla.
- Efectuar las tareas de administración de usuarios de Sistema Operativo, Base de Datos y las demás aplicaciones que se asignen.
- Efectuar las acciones necesarias para el mantenimiento de los grupos de administración y contraseñas de usuarios administradores autorizados en estaciones de trabajo de cada regional.
- Dar aviso a clientes/usuarios/personal técnico de modificaciones o alteraciones en los sistemas informáticos que afecten el funcionamiento normal de los mismos.

Se centrara este trabajo de grado en el nivel 1 de la mesa de ayuda, donde se presentan los inconvenientes planteados en la descripción del problema. A continuación se presenta una descripción detallada del proceso de atención de la mesa de ayuda nivel 1.

Distribuciones de probabilidad utilizadas como base para el análisis de los datos de entrada de la simulación.

A continuación profundizaremos más en estas tres distribuciones Lognormal, Normal y Beta que arrojo la herramienta Crystal Ball sobre el comportamiento de los tiempos de atención de los agentes y si es posible la aplicación en el modelo de mesas de ayuda:

- **Distribución de probabilidad Log normal**

La distribución lognormal se obtiene cuando los logaritmos de una Variable se describen mediante una distribución normal. Se utiliza comúnmente para determinar la probabilidad de fallos en un proceso (control de calidad) o en un producto (fiabilidad del producto).

Esta distribución se utiliza cuando las desviaciones a partir del valor del modelo están formadas por factores, proporciones o porcentajes más que por valores absolutos como es el caso de la distribución normal.

La distribución lognormal tiene dos parámetros: m^* (media aritmética del logaritmo de los datos) y σ (desviación estándar del logaritmo de los datos o tasa de fallos).

Propiedades¹⁹

La distribución lognormal se caracteriza por las siguientes propiedades:

¹⁹ TAMBORERO, Jose y CEJALVO, Antonio. Fiabilidad: La distribución Lognormal. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. Fichas Técnicas. NTP 418.. Fecha de consulta: 13 de abril de 2011.

- 1) Asigna a valores de la variable < 0 la probabilidad 0 y de este modo se ajusta a las tasas y probabilidades de fallo que de esta forma sólo pueden ser positivas.
- 2) Como depende de dos parámetros, se ajusta bien a un gran número de distribuciones empíricas.
- 3) Es idónea para parámetros que son a su vez producto de numerosas cantidades aleatorias (múltiples efectos que influyen sobre la fiabilidad de un componente).
- 4) La esperanza matemática o media en la distribución lognormal es mayor que su mediana. De este modo da más importancia a los valores grandes de las tasas de fallo que una distribución normal con los mismos percentiles del 5% y 50% tendiendo, por tanto, a ser pesimista.

- **Distribución de probabilidad Normal**

La distribución normal fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se la conozca, más comúnmente, como la "**campana de Gauss**".

Propiedades de la distribución normal:

La distribución normal posee ciertas propiedades importantes que se enumeran a continuación:

- a. Tiene una única moda, que coincide con su media y su mediana.
- b. La curva normal es asintótica al eje de abscisas. Por ello, cualquier valor entre $-\infty$ y $+\infty$ es teóricamente posible. El área total bajo la curva es, por tanto, igual a 1.

- c. Es simétrica con respecto a su media μ . Según esto, para este tipo de variables existe una probabilidad de un 50% de observar un dato mayor que la media, y un 50% de observar un dato menor.
- d. La distancia entre la línea trazada en la media y el punto de inflexión de la curva es igual a una desviación típica (σ). Cuanto mayor sea σ , más aplanada será la curva de la densidad.
- e. El área bajo la curva comprendida entre los valores situados aproximadamente a dos desviaciones estándar de la media es igual a 0.95. En concreto, existe un 95% de posibilidades de observar un valor comprendido en el intervalo $\mu - 1.96\sigma; \mu + 1.96\sigma$.
- f. La forma de la campana de Gauss depende de los parámetros μ y σ . La media indica la posición de la campana, de modo que para diferentes valores de μ la gráfica es desplazada a lo largo del eje horizontal. Por otra parte, la desviación estándar determina el grado de apuntamiento de la curva. Cuanto mayor sea el valor de σ , más se dispersarán los datos en torno a la media y la curva será más plana. Un valor pequeño de este parámetro indica, por tanto, una gran probabilidad de obtener datos cercanos al valor medio de la distribución.

No existe una única distribución normal, sino una familia de distribuciones con una forma común, diferenciadas por los valores de su media y su varianza. De entre todas ellas, la más utilizada es la **distribución normal estándar**, que corresponde a una distribución de media 0 y varianza 1.

La expresión que define la función de densidad de la distribución normal estándar se puede obtener de la Ecuación 1, resultando:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right); \quad -\infty < z < \infty$$

A partir de cualquier variable X que siga una distribución $N(\mu, \sigma)$, se puede obtener otra característica Z con una distribución normal estándar, sin más que efectuar la transformación:

Ecuación 2:
$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Esta propiedad resulta especialmente interesante en la práctica, ya que para una distribución $N(0,1)$ existen tablas publicadas a partir de las que se puede obtener de modo sencillo la probabilidad de observar un dato menor o igual a un cierto valor z , y que permitirán resolver preguntas de probabilidad acerca del comportamiento de variables de las que se sabe o se asume que siguen una distribución aproximadamente normal

- **LA DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD BETA**

La distribución de probabilidad beta es una función de densidad con dos parámetros definida en el intervalo cerrado $0 \leq y \leq 1$. Se utiliza frecuentemente como modelo para fracciones, tal como la proporción de impurezas en un producto químico o la fracción de tiempo que una maquina están en reparación.

- **LA DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR**

La distribución triangular se ha usado, junto con la distribución beta, como variable que modela el tiempo de duración de las actividades de un

proyecto. Normalmente se emplea cuando se dispone de poca información, ya que es suficiente para modelarla conocer el valor mínimo, el máximo y el más probable. Tiene la ventaja de su simplicidad de cálculo. Además, puede adaptarse a distribuciones asimétricas.

5. ESTADO DEL ARTE

Bournissen en su Anteproyecto de Tesis²⁰ Mesa de ayuda para el área informática de la Universidad Adventista de la Plata, define que la Mesa de Ayuda tiene como actividad principal el atender las consultas y problemas de los usuarios y actúa como vínculo entre la comunidad de usuarios y el mundo de los informáticos. Se puede definir una Mesa de Ayuda según la siguiente cita: “Es el punto central de contacto en una organización donde los empleados pueden encontrar solución a los problemas relacionados con la plataforma computacional o recibir respuestas a sus consultas. Los empleados entran en contacto con la Mesa De Ayuda para conseguir ayuda a sus problemas en el puesto de trabajo, problemas usando sus computadores, sus aplicaciones de software, en el acceso a una red o a una impresora, y a otras preguntas técnicas.” [Service Desk, Facility Group] Para el usuario la Mesa de ayuda debe ser el único contacto con el personal de informática independientemente de que se requiera de varios técnicos para resolver el problema.

R. Cooper en su documento titulado Queueing Model Portland publicado en 2000, define la Teoría de colas como la elaboración de modelos matemáticos y análisis de los sistemas que dan servicio a las demandas de azar. Afirma que por lo general, un modelo que hace cola representa: 1) configuración física del sistema, especificando el número y disposición de los servidores, que proporcionan servicio a los clientes, y 2) el estocástico (es decir, probabilística o estadística) de la naturaleza de las demandas, mediante la especificación de la variabilidad en el proceso de llegada y en el proceso de servicio²¹.

²⁰ BOURNISSSEN Juan Manuel. Mesa de ayuda para el área informática de la Universidad Adventista de la Plata. Anteproyecto de Tesis ingeniería informática. Buenos Aires- Argentina. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.2002. 52 p.

²¹ Cooper, R. 2000. . Queueing Model Portland. [Documento en línea]. Disponible desde Internet en: <<http://www.cs.usm.maine.edu/~pfiorini/erlang-B-C-models.pdf>> [con acceso el 29/03/2011].

Capdehourat en su trabajo²² Evaluación de Performance de Redes de Telecomunicaciones, presenta una parte de la investigación académica realizada por él en 2006 en materia de centros de atención telefónica, más conocidos como call centers, y comenta que una gran parte de los centros de atención telefónica tiene su origen o se basa en la teoría de colas. Sin dudas, esta perspectiva de los call centers es natural y además útil para el análisis y diseño de estos sistemas. Dichos modelos han servido para generar herramientas estándar que apoyan la gestión de los call centers. Sin embargo, los call centers modernos son sistemas cada vez más complejos, con características nuevas como IVR1, ruteo basado en habilidades, chat, e-mail, etc. que hacen más difícil el análisis y sobrepasan los límites de la teoría de colas existente al momento. Aparece entonces la simulación como única vía para el manejo de estos casos de extrema complejidad.

Chávez Camello en su Tesis ²³ titulado, Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas basado en simulación de sistemas, describe un modelo para representar el funcionamiento de un call center y analizarlo utilizando el enfoque de la investigación de operaciones. El modelo tiene como objetivo proporcionar la respuesta a cuantos recursos se necesitan para brindar niveles de servicio establecidos.

Faulín Francisco Javier y Juan Alejandro Ángel comentan en su artículo²⁴ titulado Diseño de un complemento de simulación para describir los cambios estratégicos en los Call Center, que más del 70% de las transacciones empresariales se

²² CAPDEHOURAT. Op.cit., 16 pág.

²³ CHÁVEZ, L. Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas basado en simulación de sistemas. Tesis de grado .Lima-Perú.:Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.86 p.

²⁴ FAULÍN Francisco, Javier y ÁNGEL, Juan Alejandro. Diseño de un complemento de simulación para describir los cambios estratégicos en los call center. En: International Conference on Modelling and Simulation in Technical and Social Sciences (Girona, 25-27 de junio del 2002). Ponencia. Cataluña- España.: UOC, 2002. p. 2.

realizan por teléfono, por lo que la presencia de los Call Centers en la vida económica de la sociedad actual es indispensable para la actividad comercial. Asimismo, es esencial que este tipo de servicio esté bien diseñado y gestionado, el diseño de los Call Centers no es tarea fácil, aunque es un trabajo que está al orden del día. En este sentido, es habitual que las empresas y los bancos se sirvan de los Call Centers como carta de presentación, de forma que la relación virtual entre las empresas y los clientes no resulta tan fría cuando oímos una voz agradable al otro lado del hilo telefónico. Por ello, la buena gestión de los call centers es una tarea esencial para el desarrollo adecuado de las empresas que disponen de este servicio.

Restrepo, Domínguez y Hoyos en su artículo²⁵ titulado, Valoración de la carga laboral en una empresa de servicios, muestran un modelo para las empresas de servicio que permite analizar y nivelar la carga laboral en áreas técnicas, administrativas y de servicio al cliente logrando como resultado determinar el tiempo productivo de los cargos administrativos, establecer el tiempo promedio de los diferentes tipos de reparaciones y el número de personas que se requieren para generar un nivel de utilización óptimo para un tiempo de espera razonable, además el número de asesores de los centros de servicios, necesario para un nivel de atención de acuerdo a horas críticas y fechas de mayor afluencia.

César Altea Comenta en su columna²⁶ titulada Dimensionamiento en el Call Center, que darle dimensión a las operaciones de un Call Center es un arte. Se trata de una proyección que prevé la demanda de tráfico en diferentes horarios, permitiendo de esta manera disponer de los recursos de manera más eficiente.

²⁵ RESTREPO, Luz Stella; DOMÍNGUEZ Lina Johanna y HOYOS MORENO, Juan David. Valoración de la carga laboral en una empresa de servicios. En: Scientia et Technica. noviembre-diciembre, 2006. Vol. XII, No 32, .p.2.

²⁶ ALTEA, Cesar. Dimensionamiento en el Call Center. Call center news.[Artículo de internet], Julio-agosto de 2006 [Consulta: 1 octubre de 2010]. Disponible en internet en: <http://callcenternews.com.ar/index.php/Columna/columna/344-altea.html>.

Además menciona algunas teorías utilizadas para dimensionar un call center tales como: Teoría de Colas, Proceso de Poisson y su distribución, Modelo de Tasa de llegadas o Teoría de Pronósticos de serie de tiempos, etc. Todas utilizadas para generar un Modelo de Programación de Horarios y distribución de personal. Menciona que el objetivo principal del dimensionamiento es optimizar la fuerza laboral para cumplir con un objetivo de nivel de servicio establecido por la organización.

Ger Koole en el capítulo 2 de su libro²⁷ Call Center Mathematics comenta que para administrar los centros de llamadas, también llamados centros de contacto, de manera efectiva, se necesita tener múltiples habilidades. Algunas de estas habilidades son de carácter cualitativo, como la formación y motivación de las personas. Otras habilidades son de carácter cuantitativo, y se relacionan con el nivel de servicio y un uso eficiente de los principales recursos, las personas que trabajan en el centro de llamadas. Las matemáticas para Call Center pueden desempeñar un papel importante en sacar el mejor partido de la relación nivel de servicio / coste de compensación. La Programación de algoritmos se utiliza para determinar los cambios y asignar a empleados a los cambios. Las matemáticas para Call Center son un elemento esencial de la gestión del centro de llamadas.

Cruz Camino en la introducción de su tesis²⁸ de grado Desarrollo de un plan que permita la implantación de un centro de servicio al usuario para la empresa Pinto S.A, comenta que cuando el usuario tiene problemas en la utilización de la tecnología se presenta una detención temporal en su trabajo hasta que el problema sea solucionado, este tiempo puede ser catalogado como “perdido” y la

²⁷ KOOLE, Ger. Call Center Mathematics: A scientific method for understanding and improving contact centers. Publication. Version of January 26, 2007. 80 pág.

²⁸ CRUZ, Camino y RAQUEL, Cristina. Desarrollo de un plan que permita la implantación de un centro de servicio al usuario para la empresa Pinto S.A., basado en el marco de referencia ITIL v3.0. Tesis de Grado ingeniería electrónica y redes de comunicación. Quito-Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica. 2009.111 p.

interrupción del trabajo puede ocasionar que los resultados esperados por la función de dicho usuario no sean los adecuados, ni se los obtenga en el tiempo esperado, esto podría producir un incremento en los costos de operación, sin embargo tomando provecho del Service Desk se puede asegurar que identificando los problemas existentes y proponiendo soluciones a corto y a largo plazo se logrará reducir los tiempos de inoperancia y simultáneamente mejorar la productividad de los empleados.

González, Giachetti y Ramírez en su artículo²⁹ de carácter investigativo titulado Knowledge management- centric Help Desk: Specification and performance evaluation, comentan que el objetivo principal de la mesa de ayuda es resolver problemas relacionados con la TI en la organización. Como tal, los agentes en la mesa de ayuda deben ser conocedores de los sistemas de información, aplicaciones y tecnologías de apoyo. La mayoría de los esfuerzos para mejorar el rendimiento mesa de ayuda han sido para que el sistema actual sea más eficiente mediante la aplicación de tecnologías de información. El propósito de este trabajo de investigación comentan ellos es proponer un nuevo enfoque, denominado mesa de ayuda de gestión del conocimiento centrado. La propuesta de sistema de gestión del conocimiento se basa en diversas fuentes de conocimiento en la organización, incluyendo bases de datos, archivos, expertos, bases de conocimiento, y grupos de chat.

²⁹ GONZALES Luz Minerva, Giachetti Ronald E, Ramírez Guillermo. Knowledge management- centric Help Desk: specification and performance evaluation. Journal decision support systems [on line], 2 de agosto de 2005, vol 40, no 2 [consulta: 2 de febrero de 2011]. Disponible en internet: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1141013>.

Martina Kuncova and Pavel Wasserbauer, en este artículo³⁰ titulado Discrete Event Simulation – Helpdesk model in simprocess, comenta que a diferencia de los Call Centers, las mesas de ayuda no solo deben dar asistencia sino también resolver problemas que se relacionan con los procesos de la compañía. Algunas veces puede ser una situación muy específica y el analista debe ser capaz de encontrar cual es el problema de manera rápida y precisa para encontrar una solución o colaboración. Este procedimiento requiere de experticia, empleados calificados y un buen software.

³⁰ KUNCOVA, Martina y WASSERBAUE, Pavel. Discrete Event Simulation – Helpdesk model in simprocess [online] febrero de 2006 [consulta 22 de mayo de 2011]. Disponible en internet: http://www.scs-europe.net/conf/ecms2007/ecms2007-cd/ecms2007/ecms2007%20pdf/ibs_0158.pdf

6. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

6.1 ETAPA 1: Análisis de la situación actual

En esta etapa se realiza un seguimiento al proceso de atención al cliente de la organización a través de una labor de análisis de datos que consiste en la revisión de las llamadas que genera la plataforma Avaya identificando los puntos críticos de las actividades que se realizan, con el fin de conocer las actividades a simular.

El nivel 1 de la mesa de ayuda recibe el 100% de las llamadas entrantes al sistema, de estas el 80% son solucionadas por el nivel 1 el otro 20% son escaladas a otros niveles (Niveles establecidos por la empresa), para el mes de noviembre 2010 el 83% de los casos recibidos en el nivel 1 son solucionados en este nivel y el 17% son escalados (información suministrada por la empresa), debido a que el nivel 1 es el lugar que atiende y da solución a la mayor cantidad de casos en la mesa de ayuda requiere también una mayor cantidad de recursos humanos y físicos (equipos, escritorios, sillas etc.). Los niveles de servicio y los tiempos de cumplimiento en el nivel 2, están conforme a lo establecido por la empresa a diferencia del nivel 1 donde los niveles de servicio son bajos, más adelante se presenta la estadística de estos niveles de servicio; por esta razón el nivel 1 será seleccionado para desarrollar el modelo de simulación.

En la labor de campo desarrollada se lograron identificar aspectos importantes para el estudio realizado:

1. En la tabla 5 se observa el comportamiento histórico de los ANS que fueron expuestos en el planteamiento del problema mediante la figura 5.
2. La situación crítica se presenta en horario de 7 am a 12 am y de 1 pm a 5 pm de lunes a viernes como es evidente en figura 12 donde la mayoría de los agentes están asignados como se muestra en la tabla 1.

3. Los acuerdos de niveles de servicio en horario diferentes a los de turno A se encuentran sobre un 90% de acuerdo a información presentada por la empresa y como se evidencia en la figura 12.

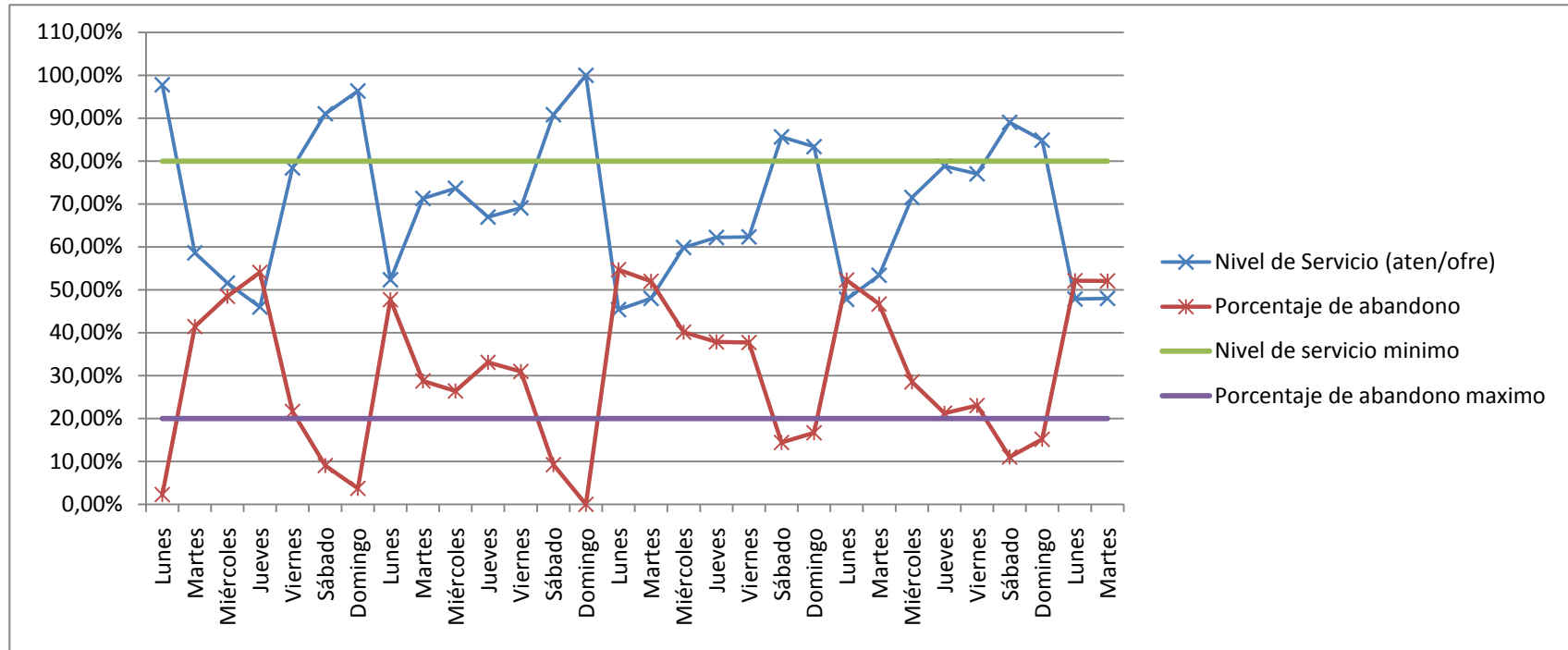
Por las razones expuestas en los puntos anteriores la simulación y el análisis de los datos se realizara en el horario crítico donde los ANS no cumplen con el mínimo establecido por el cliente.

Tabla 5. Comportamiento histórico mensual de los ANS

Mes	Llamadas Atendidas	Llamadas abandonadas	Total Llamadas Ofrecidas	Tiempo promedio de velocidad de respuesta	Nivel de Servicio (aten/ofre)	Porcentaje de abandono	Tiempo promedio Conversación mm:ss	Tiempo promedio abandono mm:ss
Junio	12821	7240	20061	00:00:14	63,91%	36,09%	00:14:22	00:00:41
Julio	12315	9714	22029	00:00:25	55,90%	44,10%	00:16:20	00:01:01
Agosto	11199	8439	19638	00:00:16	57,03%	42,97%	00:17:14	00:00:38
Septiembre	11816	7389	19205	00:00:15	61,53%	38,47%	00:12:19	00:00:50
Octubre	12877	10202	23079	00:00:19	55,80%	44,20%	00:16:55	00:00:23
Noviembre	10503	7772	18275	00:00:18	57,47%	42,53%	00:11:42	00:00:40
Diciembre	10855	5988	16843	00:00:16	64,45%	35,55%	00:15:19	00:00:33

Fuente: Suministrado por la empresa

Figura 12. Comportamiento diario de los ANS

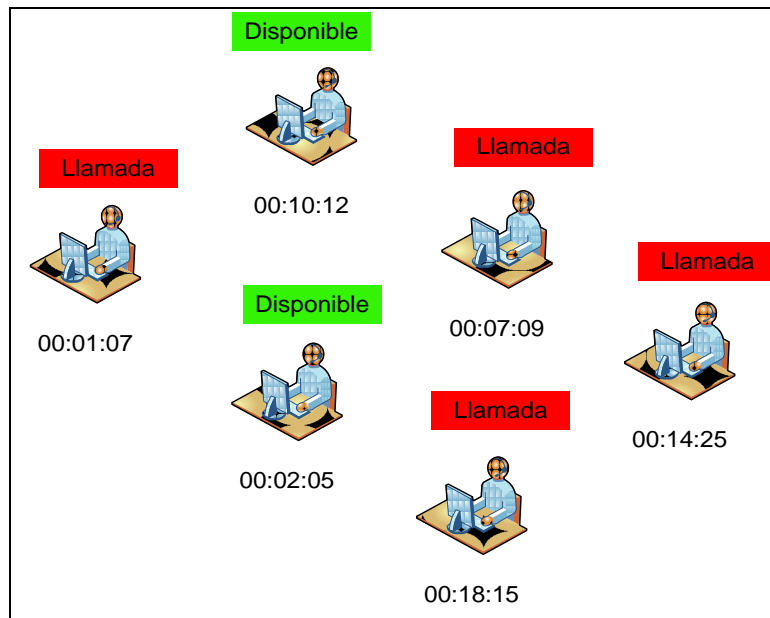


Fuente: Suministrado por la empresa

6.1.2 Proceso detallado de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Telefónica

El proceso inicia cuando una llamada entra al sistema, la llamada es asignada al operario que registre más tiempo de ocio en la plataforma Avaya,






Figura 13. Esquema de distribución de las llamadas entrantes



Fuente: Los autores.

En esta figura 13 se observa una distribución de la mesa de ayuda con 6 agentes, 4 de estos (en rojo) están atendiendo llamadas y dos están libres (en verde), el tiempo expresado en los recuadros indica, para los que están en rojo el tiempo que llevan atendiendo la llamada en horas minutos y segundos (HH/MM/SS), en el caso de los tiempos de los recuadros verdes indican el tiempo sin llamada que lleva ese operario.

Figura 14. Screenshot plataforma AVAYA, operarios disponibles para atender llamadas entrantes.

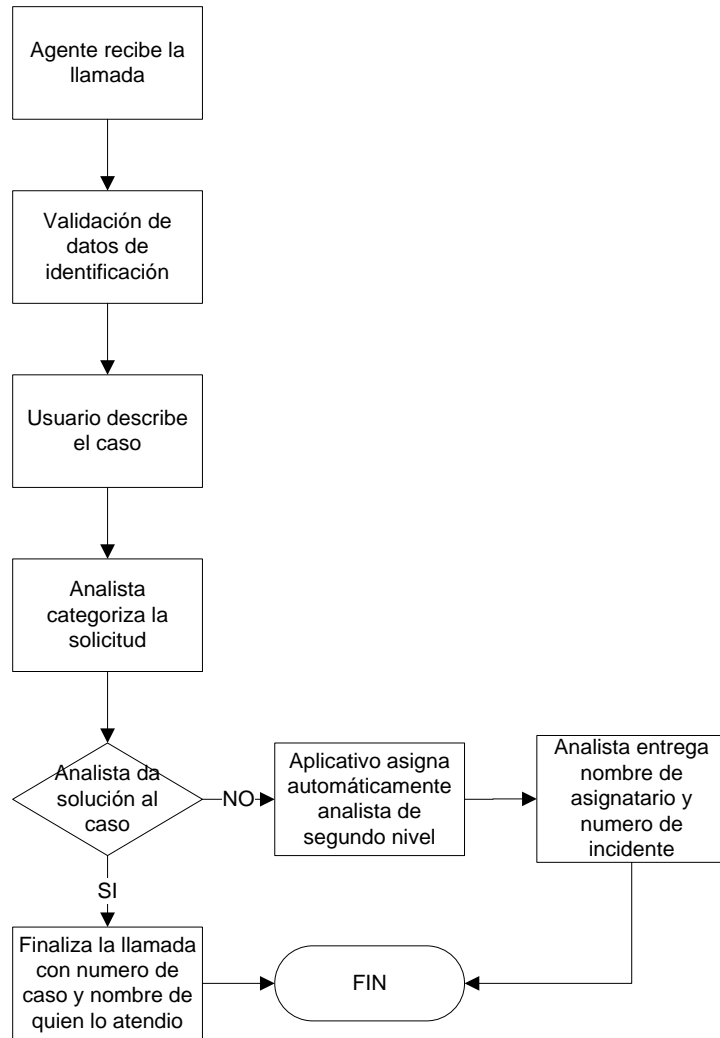
Nombre del agente	Identif. de conexión	Motivo AUX	Estado	Split/Skill	Nivel	Tiempo	Nombre de VDN
 Gustavo Quiñonez	14737		AVAIL			:32	
 Jhon Freddy Cobo	26688		AVAIL			11:09	
 Jhon Harold Queza	26689		AVAIL			21:13	
 Alexei Tenorio	26752		ACDIN	132	1	6:58	MDS_Publi
 Carlos Sanchez G	26609		ACDIN	132	1	17:36	MDS_Publi

Fuente: Suministrada por la empresa.

En la figura 14 se observa un Screenshot tomado de la plataforma Avaya, en la cual se puede observar el número de agentes, en este caso son 5, se observa que 2 de los 5 agentes están ocupados atendiendo una llamada (en este caso los dos últimos) , los otros tres están en espera de una llamada entrante, en la columna denominada tiempo se observa el tiempo en que el operario esta sin recibir llamadas, en este caso si entrara una llamada, la persona a la cual la plataforma asignaría la llamada para su atención seria Jhon Harold Quezada, debido a que Jhon presenta el mayor tiempo de libre registrado en la plataforma Avaya.

Al ser asignada esta llamada, inicialmente el operario atiende la llamada y realiza una validación de datos personales del usuario (figura 16). Luego de este procedimiento el operario procede a escuchar el problema que le plantea el usuario, el operario indaga si no tiene claridad en el problema, a continuación el operario categorizar el problema (para el nivel de infraestructura la categorización comienza “TECNOLOGIA INFORMATICA INFRAESTRUCTURA”, después de que se filtra por categoría se debe asignar una sub categoría, luego un tipo de producto y después un tipo de problema (figura 15), adicionalmente el analista debe colocar datos como ubicación del usuario y descripción clara del tipo de problema. La finalidad de este procedimiento de categorizar los problemas, es que en caso de que exista la necesidad de escalar el caso, el aplicativo Sevice Center asigne el caso al grupo de atención nivel dos.

Figura No 15. Secuencia de filtración de casos vía telefónica





Fuente y elaboró: Los autores.


Figura 16. Screenshot plataforma Service Center, datos requeridos por el operario al iniciar el contacto con el usuario

Detalle de la llamada
 Detalle de la resolución
 Dato adjunto




Contacto de la Llamada

Contacto de la llamada: 
 Código de Nómina:
 Nombre:
 Apellido:
 Usuario:

 Telefono - Extensión:
 Celular:
 País:
 Ciudad:
 Usuario del Dominio:
 email:
 Empresa: 
 Grupo cliente:
 Sede:
 Nombre Departamento:
 Nombre Centro de Costo:
 Usuario VIP

 Planta,Sede: 

Empresa Beneficiaria del Servicio

Empresa beneficiaria: 
 Codigo de la empresa:
 País: 
 Ciudad: 

 Candidato para Gestión de problemas

Fuente: Suministrado por la empresa.

Si el caso es solucionado por el operario de primer nivel, el caso se cierra y el aplicativo envía automáticamente un correo al usuario con copia al analista, donde se especifica la solución del problema, el nombre del operario que lo atendió y el número de caso o incidente (este número sirve para que el usuario pueda hacer seguimiento de su caso). De esta forma se le da fin al proceso de atención.

Si, el analista de primer nivel no puede dar solución al problema planteado, se procederá a escalar el caso a un segundo nivel, donde se encargaran y se tratara de darle pronta solución, al escalar el caso el operario notifica al usuario de este proceso, le asigna un número de incidente, para que el usuario haga seguimiento (el seguimiento se puede hacer por medio del portal web) , el operario describe esta situación en la plataforma y le da enviar al segundo nivel, la plataforma automáticamente manda un correo al usuario y al operario que le fue asignado el incidente en el segundo nivel, este correo contiene la descripción del problema, el nombre del usuario, el número de incidente y el nombre del operario de primer nivel que lo atendió, de esta forma terminaría el servicio de atención de primer nivel.

Figura 17 Screenshot plataforma Service Center categorización del problema de acuerdo a filtros establecidos

Detalle de la llamada	
Tipo de Solicitud	SOPORTE DEL SERVICIO
Categoría:	TECNOLOGIA INFORMATICA INFRAE
Subcategoría:	SOPORTE A ESTACIONES DE TRABAJO
Tipo de producto:	IMPRESORA
Tipo de problema:	SOPORTE A PROBLEMAS DE IMPRESORA
Grupo de Asignación:	CGA INFRAESTRUCTURA
Asignar a:	JSANCHEZ313_CO
Asignado:	JULIAN ANDRES SANCHEZ PAVAS
Prioridad:	3 - Baja
Título de MNS:	Gestión del Servicio CGA Infraestructura
Notificado por:	Teléfono

Fuente: Suministrado por la empresa.

6.1.3 Proceso detallado de atención de usuarios en la Mesa de Ayuda vía Portal Web.

El usuario entra al portal por medio de un login y un password que se le ha asignado previamente, en caso de no tenerla se debe comunicar a la línea de servicio de la mesa de ayuda donde se le facilitara estos datos.

Al entrar al portal el usuario describe su requerimiento y envía el caso para que se le dé solución. El sistema asigna el requerimiento al operario que tenga menos casos registrados en la plataforma Service Center.

El operario al que se le asigne este caso verifica si el requerimiento contiene los formatos establecidos (caso de creación de cuentas de correo, caso de creación de línea telefónica, permisos a carpetas compartidas, creación de usuario Oracle, asignación de responsabilidades en Oracle), para darle solución a su solicitud. En caso de que el requerimiento no esté claro, los formatos estén mal diligenciados o no existan, el operario procederá a contactar al usuario para aclarar la situación o para que anexe los documentos correspondientes.

Los contactos con los usuarios se realizan por lo general de una línea telefónica análoga adicional para no ocupar la línea y causar un aumento en llamadas perdidas.

Luego de tener el caso claro y con todos los formatos se procede a realizar el mismo proceso que se realiza con las llamadas, se filtra el requerimiento por categorías, luego una sub categoría, después se encasilla el requerimiento en un tipo de producto y finalmente el tipo de problema. Si el requerimiento lo puede solucionar el primer nivel, se le da solución y se cierra el caso.

El procedimiento de cierre del caso se realiza mediante la plataforma Avaya, en la plataforma se describe el tiempo que le tomo al operario solucionar el

requerimiento, la solución que le dio y se le da la opción de cerrarlo, la plataforma automáticamente notifica al usuario por medio de un correo que su caso fue solucionado exitosamente, figura 18.

En caso tal de que el requerimiento no pueda ser solucionado por el operario de primer nivel, el caso es escalado de acuerdo a la complejidad del requerimiento a un segundo nivel, figura 1.

Figura 18. Correo enviado automáticamente por la plataforma Avaya al agente luego de cerrar un caso.

ServiceCenter Operator: linker

Señor(a) Oscar Fernando Realpe Ramirez
El Centro Global de Atención Assenda le informa que hemos dado solución a su solicitud de servicio No CALL960427 referente a :
El usuario nos reporta que el en area no tiene red y es por un switch que no esta dando ping el swicht es carswaclo36 con dirección ip 172.25.68.48, por favor revisar.
Area: casino segundo piso salón de lao otra orilla.
Muchas gracias.
**Brief description from related Incident record IM282059:
CAIDA DEL SERVICIO

Pasadas las próximas 48 horas asumiremos que ha sido recibida a satisfacción y esto generará el cierre automático de su solicitud, agradecemos que antes de éste tiempo nos notifique si tiene alguna inconformidad. Muchas Gracias

*** Por favor califique su experiencia con el servicio prestado por parte de nuestro equipo humano***

Para responder la encuesta de satisfacción haga click aqui
http://intranetassenda.carvajal.com.co/sistemas/Encuesta/index.php?ID=CALL960427&MD=SM&CTC=CO-11205557>=RACOSTA891_CO&OP=RPADILLA504_CO&EM=BICO

Fuente: Suministrado por la empresa.

6.1.4 Estado actual de la mesa de ayuda

Luego de describir el proceso de atención de la mesa de ayuda procedemos a medir el rendimiento de la mesa de ayuda en la actualidad, mediante indicadores importantes como lo son el nivel de servicio, el número de llamadas perdidas y el

tiempo de ocio, analizamos los datos históricos del mes de noviembre de 2010, teniendo en cuenta las siguientes condiciones.

En la actualidad la mesa de ayuda trabaja 24 horas al día 7 días a la semana 365 días al año, tiene un total de 15 agentes en la mesa de ayuda, los agentes se distribuyen de acuerdo a unos horarios establecidos tabla 1.

En la tabla 6 se encuentra un resumen del estado actual de la mesa de ayuda:

- Los datos de la tabla aparecen en horas minutos y segundos (HH:MM:SS).
- Los datos son de horario crítico porque son los que presentan problemas con los ANS.
- La columna “**Tiempo promedio de velocidad de respuesta**” muestra el tiempo promedio que el usuario espera a ser atendido después de ingresar al sistema.
- La columna “**Nivel de Servicio (aten/ofre)**” es la división de la columna **Abandono** sobre la columna “**Total llamadas Ofrecidas**”.

$$SL = \frac{\text{No de llamadas atendidas en el mes}}{\text{No de llamadas ofrecidas en el mes}} * 100$$

- La columna “**Porcentaje de abandono**” es:

$$Pa = \frac{\text{No de llamadas abandonadas}}{\text{No de llamadas ofrecidas}} * 100$$

$$SL = 1 - P(Ab)$$

- La columna “**Tiempo promedio Conversación**” es el tiempo de duración de la llamada desde que el analista atiende el usuario hasta que la llamada finaliza.

- La columna “**Tiempo promedio abandono**” es el tiempo que el usuario espera para ser atendido antes de finalizar la llamado por no encontrar respuesta.

En la tabla 6 se observa que en ningún caso se cumplen el Nivel de Servicio mínimo y por tal razón no se cumplen el porcentaje de abandono máximo.

Tabla 6. Resumen de indicadores de desempeño de la mesa de ayuda diario, durante el horario crítico el mes de Noviembre de 2010.

	Fecha	Llamadas Atendidas	Llamadas abandonadas	Abandono	Total Llamadas Ofrecidas	Tiempo promedio de velocidad de respuesta	Nivel de Servicio (aten/ofre)	Porcentaje de abandono	Tiempo promedio Conversación mm:ss	Tiempo promedio abandono mm:ss	Nivel de servicio mínimo	Porcentaje de abandono máximo
2	Martes	495	352	352	847	00:00:53	58,44%	41,56%	00:09:50	00:00:52	80%	20%
3	Miércoles	470	458	458	928	00:00:29	50,65%	49,35%	00:10:10	00:00:21	80%	20%
4	Jueves	406	490	490	896	00:00:12	45,31%	54,69%	00:13:50	00:00:47	80%	20%
5	Viernes	365	101	101	466	00:00:09	78,33%	21,67%	00:14:55	00:00:23	80%	20%
8	Lunes	630	578	578	1208	00:00:28	52,15%	47,85%	00:09:56	00:00:55	80%	20%
9	Martes	386	155	155	541	00:00:19	71,35%	28,65%	00:14:25	00:01:28	80%	20%
10	Miércoles	443	158	158	601	00:00:13	73,71%	26,29%	00:14:02	00:00:26	80%	20%
11	Jueves	378	189	189	567	00:00:08	66,67%	33,33%	00:09:15	00:00:20	80%	20%
12	Viernes	209	98	98	307	00:00:18	68,08%	31,92%	00:08:55	00:00:42	80%	20%
15	Lunes	495	603	603	1098	00:00:12	45,08%	54,92%	00:11:19	00:00:35	80%	20%
16	Martes	637	695	695	1332	00:00:16	47,82%	52,18%	00:15:02	00:00:48	80%	20%
17	Miércoles	426	293	293	719	00:00:20	59,25%	40,75%	00:14:22	00:00:40	80%	20%
18	Jueves	387	244	244	631	00:00:16	61,33%	38,67%	00:09:20	00:00:36	80%	20%
19	Viernes	455	282	282	737	00:00:17	61,74%	38,26%	00:09:08	00:00:31	80%	20%
22	Lunes	503	559	559	1062	00:00:24	47,36%	52,64%	00:08:40	00:00:46	80%	20%
23	Martes	444	389	389	833	00:00:10	53,30%	46,70%	00:09:55	00:00:31	80%	20%
24	Miércoles	486	198	198	684	00:00:17	71,05%	28,95%	00:13:25	00:00:43	80%	20%
25	Jueves	468	124	124	592	00:00:17	79,05%	20,95%	00:12:21	00:00:33	80%	20%
26	Viernes	438	133	133	571	00:00:21	76,71%	23,29%	00:14:47	00:00:49	80%	20%
29	Lunes	716	798	798	1514	00:00:12	47,29%	52,71%	00:09:50	00:00:35	80%	20%
30	Martes	688	759	759	1447	00:00:06	47,55%	52,45%	00:11:33	00:00:28	80%	20%
Total y Promedios		9.925	7.656	7.656	17.581	00:00:18	56,45%	43,55%	00:11:40	00:00:39		

En la tabla 6 se muestra un reporte del mes de noviembre del 2010, contiene los días trabajados durante el mes de lunes a viernes, llamadas atendidas, llamadas abandonadas, total llamadas ofrecidas, tiempo promedio de respuesta, Nivel de servicio, porcentaje de abandonos, tiempo promedio de la conversación, tiempo promedio de abandonos, nivel de servicio mínimo, porcentaje de abandono máximo. Estos datos están soportados con el anexo C que es la tabla de comparación de los niveles de servicio teniendo en cuenta los horarios críticos que solo se muestran en la tabla 6.

A continuación se presentan 3 indicadores de desempeño que serán los indicadores que se utilizaran para analizar los datos obtenidos con la simulación y poder hacer la comparación entre los escenarios planteados.

- **Porcentaje de abandonos (Pa):** Corresponde a la fracción de llamadas del total que arriban, en que los clientes abandonan por agotar su paciencia. El porcentaje de abandono para el mes de noviembre de 2010 se calcula de la siguiente forma:

$$Pa = \frac{\text{No de llamadas abandonadas}}{\text{No de llamadas ofrecidas}} * 100 = \frac{7656}{17581} * 100 = 43.55\%$$

En la actualidad el porcentaje de abandonos establecido entre la empresa contratante del servicio de la mesa de ayuda es del 20%, el porcentaje actual de 43.18% genera inconformidad en el cliente y preocupación entre los administradores de la mesa.

- **Nivel de Servicio:** Mide la eficiencia del servicio en términos de número de llamadas atendidas, también afecta directamente un factor como lo es la satisfacción del cliente frente al servicio prestado, un nivel de servicio bajo

representa en los usuarios de la mesa de ayuda inconformidades, quejas, frustración, retraso en sus tareas cotidianas, etc. El porcentaje de nivel de servicio para el mes de noviembre de 2010 se calcula de la siguiente forma:

$$SL = \frac{\text{No de llamadas atendidas en el mes}}{\text{No de llamadas ofrecidas en el mes}} * 100 = \frac{9925}{17581} * 100$$

$$SL = 56.45\%$$

El nivel de servicio también se puede calcular así:

$$SL = 1 - P(Ab)$$

- **Tiempo de ocio o sobrecarga de trabajo por parte de los agentes:** Es la fracción de la jornada laboral en la cual el agente esta sin recibir llamadas o atendiendo un caso portal. El tiempo de ocio para el mes de noviembre de 2010 es:

$$\text{Tiempo de Ocio} = 1 - \text{Porcentaje de ocupacion de los agentes}$$

Y el porcentaje de ocupación se calcula de la siguiente manera:

$$P(TO) = \sum \frac{\text{Tiempo atendiendo llamadas en el mes}}{\text{Tiempo total de trabajo de la mesa de ayuda en el mes}} * 100$$

Tabla 7. Tiempo trabajado por los agentes durante un mes.

Datos reales de trabajo	
Duración de conversación durante el mes	1928:17:05
Tiempo total dedicado portal	305:35:54

Tiempo otorgado para descanso	73:30:00
Total tiempo de ocupación	2307:22:59

Fuente y elaboro: Los autores

La tabla 7 muestra la sumatoria de los tiempos que duraron las conversaciones telefónicas usuario-agente, la sumatoria de los tiempos que se empleo para atender los casos por el portal y el tiempo de descanso otorgado, todos los tiempos están en horas, minutos, segundos (HH/MM/SS).

Tabla 8. Especificación de los tiempos de descanso

Especificación de los tiempos de descanso	
Días del mes	21
Número de agentes	14
Tiempo diario otorgado para descanso (min/día)	00:15:00
Tiempo total otorgado para descanso	73:30:00

Fuente y elaboro: Los autores

También presenta el total de horas que los agentes ocuparon atendiendo casos vía telefónica y casos vía portal, siendo este 2307 horas, 22 minutos y 59 segundos. Los datos son la sumatoria del trabajo de toda la mesa ósea la sumatoria del trabajo realizado por los 12 agentes que conforman la mesa en los horarios críticos de 7:00 am a 12:00 pm y de 1:00 pm a 5:00 pm.

La tabla 8 presenta las horas de descanso otorgado a los agentes de la mesa durante el mes de noviembre de 2010, se tomó 21 días laborales, de lunes a viernes, se multiplico por el número de agentes y por el descanso que se le da a cada agente.

Tiempo total otorgado para descanso =

*Tiempo diario otorgado para descanso * Número de agentes **

*Dias del mes=21*14*00:15:00=73:30:00*

Tabla 9. Tiempo que deben laborar los agentes en un mes

Datos del tiempo que debe laborarse mensualmente	
Días del mes	21
Número de agentes	12
Horas diarias de trabajo (horario crítico:7:00 am a 12:00pm y de 1:00 pm a 5:00pm)	09:00:00
Horas que deben ser laboradas durante el mes	2268:00:00

Fuente y elaboro: Los autores

En la tabla 9 se presenta el tiempo que debe ser laborado por la mesa de ayuda mensualmente. Se multiplica el número de días laborados por el número de agentes y la jornada laboral de los agentes en el horario crítico de la mesa, el total es de 2268 horas.

Horas que deben ser laboradas durante el mes

$$\begin{aligned}
 &= \text{Horas diarias de trabajo} * \text{Número de agentes} * \text{Días del mes} \\
 &= 21 * 12 * 00:09:00 = 2268:00:00
 \end{aligned}$$

Con los datos de las tablas 7, 8 y 9 procedemos a calcular el porcentaje de ocupación de los agentes y por ende el tiempo de ocio, a continuación se muestra el cálculo:

$$\begin{aligned}
 P(TO) &= \sum \frac{\text{Tiempo atendiendo llamadas en el mes}}{\text{Tiempo total de trabajo de la mesa de ayuda en el mes}} * 100 < \\
 &= \frac{2307:22:59}{2268:00:00} * 100 = 101.736 \%
 \end{aligned}$$

Este porcentaje de ocupación supera el 100% esto quiere decir que los agentes están todo el tiempo recibiendo casos llamadas y casos vía portal, y utilizan hasta su tiempo de descanso atendiendo casos, esto nos da a entender que los agentes están teniendo una sobrecarga laboral. Por lo

tanto el tiempo de ocio nos dará negativo como veremos a continuación en este cálculo:

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo de Ocio} &= 1 - \textit{Porcentaje de ocupacion de los agentes} \\ &= 1 - 1.01736 = -1.73\% \end{aligned}$$

Como vemos este valor negativo representa el porcentaje de tiempo que los agentes tienen de sobrecarga laboral, como fue evidente en la labor de campo los agentes no toman los 15 minutos de descanso y muchas veces les es necesario trabajar fuera del horario establecido para poder resolver casos pendientes que fueron asignados por el portal.

6.2 ETAPA 2: Construcción del modelo de simulación

6.2.1 Recolección y análisis estadísticos de los datos

En esta etapa se recolectaron los datos que genera la plataforma AVAYA, se filtran de acuerdo a los parámetros de criticidad expuestos en la etapa 1. El análisis estadístico aplicado a estos datos se efectuó con la ayuda de plataformas tales como Crystal Ball 11.1.1.1 y Minitab 16.

6.2.2 Análisis de la información, identificar las variables y elementos críticos del servicio de mesa de ayuda.

6.2.2.1 Nombre de la simulación

Modelo para el dimensionamiento de una mesa de ayuda basado en simulación para una empresa prestadora de servicio de soporte técnico en infraestructura de TI.

6.2.2.2 Descripción del sistema

La finalidad de una mesa de ayuda es prestar soporte técnico en infraestructura vía telefónica a los usuarios de manera rápida y eficiente, manteniendo unos niveles de servicio aceptables para la compañía.

6.2.2.3 Objetivo de la simulación

Recrear el proceso de servicio prestado por la mesa de ayuda mediante simulación, con el fin de agilizar el proceso de atención y aumentar los niveles de servicio actuales.

A continuación se describen los componentes de la simulación:

- **Sistema:** Llamadas entrantes, email, servidores, usuarios del sistema, llamadas perdidas.
- **Entidades:** Llamadas
- **Eventos:** Llamada en espera, llamada atendida, fin de la llamada.

- **Localizaciones:** servidores, COLA DE ENTRADA asignación llamadas entrantes, COLA DE ENTRADA asignación de email.


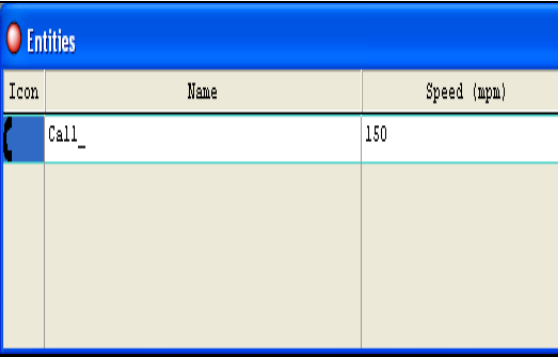



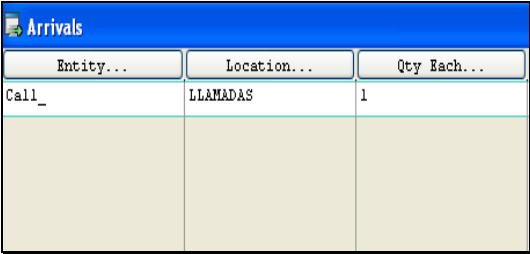
Atributos: las llamadas que entran al sistema varían en duración de atención de acuerdo a la complejidad del caso, se tiene registrado en el sistema unas 200 posibilidades de falla en los sistemas, por esta razón cada caso que entra en el sistema es filtrado por el servidor que atiende la llamada.

- **Variables:** para la simulación se consideraron las siguientes variables:
 1. Número de llamadas que entran en el sistema.
 2. Numero de emails que entran en el sistema.
 3. Número de llamadas asignadas al servidor N.
 4. Número de emails asignados al servidor N.
 5. Número de llamadas perdidas.
- **Indicadores:** Nivel de servicio, tiempos de ocio, número de llamadas perdidas.
- **Restricciones:** Cantidad de servidores atendiendo en el sistema, Consecución de datos.

6.2.3 Estructura de programación con ProModel® versión estudiantil

Para objeto de estudio y la ejecución de la simulación se utilizará el software ProModel®, que es un simulador con animación para computadoras personales, permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de

materiales etc. A continuación se muestra los componentes principales³¹ del software ProModel® y su caracterización con la simulación a desarrollar:

	<p>Localizaciones</p> <p>Los servidores realizan el proceso de conversión del caso propuesto por el usuario. Los analistas presentes en la mesa de ayuda.</p>						
 <table border="1" data-bbox="324 997 878 1283"> <thead> <tr> <th>Icon</th> <th>Name</th> <th>Speed (mpm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Call_</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	Icon	Name	Speed (mpm)		Call_	150	<p>Entidades</p> <p>La materia prima que se transforma son los casos recibidos por teléfono. Las llamadas entran al sistema de acuerdo a una disciplina FIFO. Primeros en entrar primeros en salir.</p>
Icon	Name	Speed (mpm)					
	Call_	150					
 <table border="1" data-bbox="344 1417 870 1619"> <thead> <tr> <th>Entity...</th> <th>Location...</th> <th>Qty Each...</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Call_</td> <td>LLAMADAS</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Entity...	Location...	Qty Each...	Call_	LLAMADAS	1	<p>Llegadas</p> <p>La información que entra en el sistema son los casos de los usuarios ya sea mediante una llamada o mediante un e-mail.</p>
Entity...	Location...	Qty Each...					
Call_	LLAMADAS	1					

³¹ BLANCO RIVERO, L.E y FAJARDO PIEDRAHITA, I.D. Conceptos Básicos de Simulación. En: Simulación con Promodel – Casos de producción y logística. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2003. p.21 – 38.

Variables (global)	
Icon	ID
Yes	call_in
Yes	lost_call
Yes	call_serv1
Yes	call_serv2
Yes	call_serv3
Yes	call_serv4
Yes	call_serv5
Yes	call_serv6
Yes	call_serv7
Yes	call_serv8
Yes	call_serv9
Yes	call_serv10
Yes	call_serv11
Yes	call_serv12
Yes	call_serv13
Yes	call_serv14
Yes	call_serv15

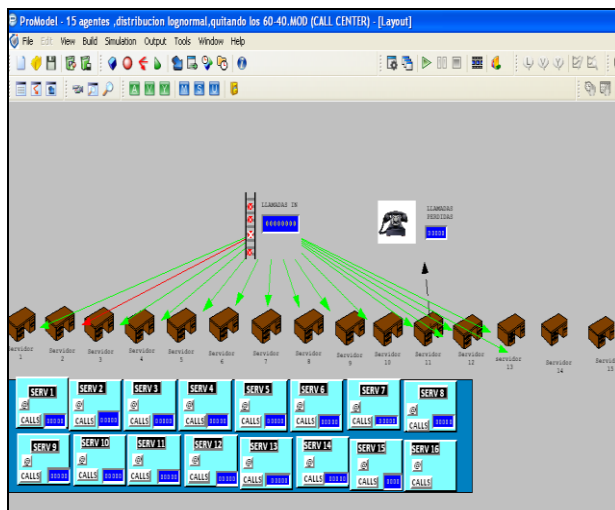
Variables

Las variables son útiles para calcular o guardar información numérica, ya sea real o entera. En el caso se quiere medir el número de llamadas que entran a cada servidor y el total que entra en el sistema, además el número de llamadas perdidas.

Attributes	
ID	Type
CALL	Integer

Atributos

El sistema que guarda la información en memoria de una localización o entidad en particular. Con los atributos se pueden diferenciar las entidades. .



Proceso

El proceso consiste en una entrada de llamadas, las llamadas se asignan al servidor que esté libre de acuerdo a la regla FIFO.

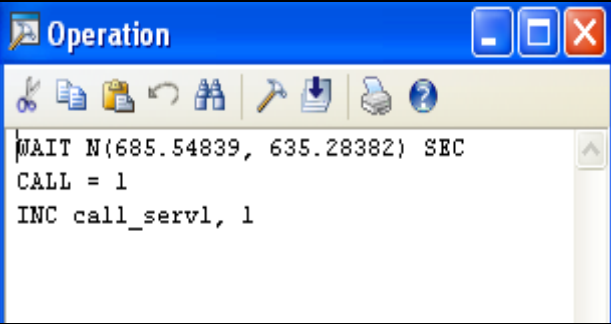
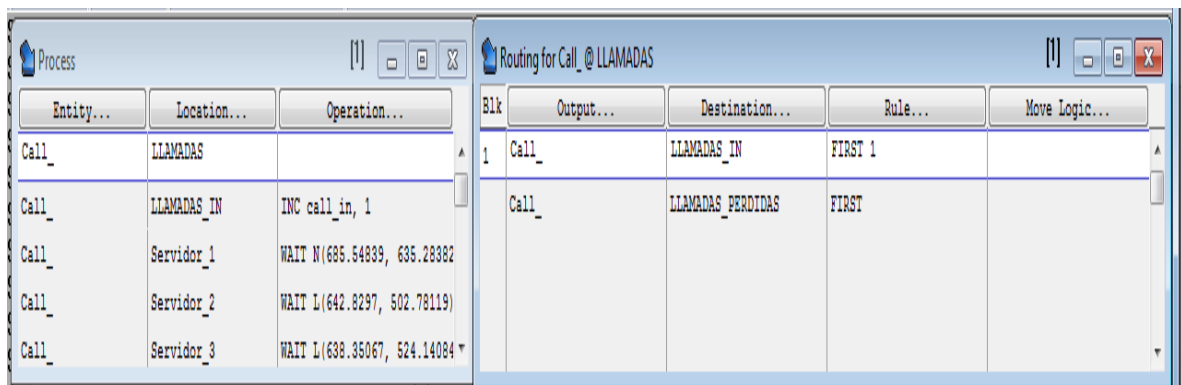
	<p>Operación</p> <p>Los agentes siguen una distribución de probabilidad establecida (log normal) para las llamadas.</p> <p>A continuación se explica detalladamente la programación de la simulación.</p>
---	---

Figura 19.Process de la simulación para la mesa de ayuda.



Entity...	Location...	Operation...
Call_	LLAMADAS	
Call_	LLAMADAS_IN	INC call_in, 1
Call_	Servidor_1	WAIT N(685.54839, 635.28382)
Call_	Servidor_2	WAIT I(642.8297, 502.78119)
Call_	Servidor_3	WAIT I(638.35067, 524.14084)

Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Call_	LLAMADAS_IN	FIRST 1	
	Call_	LLAMADAS_PERDIDAS	FIRST	

Fuente y elaboro: Los autores

El proceso de la simulación o process, inicia cuando el flujo de llamadas que entran al sistema y las clasifica en llamadas IN (llamadas entrantes) y llamadas perdidas, cada una de estas variables tiene una regla de enrutamiento First Available (el primero que este disponible), que da prioridad para que las llamadas se conviertan en llamadas IN, de acuerdo a la programación tiene la prioridad ante llamadas perdidas, las llamadas IN se distribuyen en todos los servidores de acuerdo a una regla de enrutamiento longest unoccupied (mas desocupado) que asigna la llamada al servidor que lleve mas tiempo sin recibir llamadas, el servidor

que atiende la llamada se demora un tiempo (WAIT) atendiendo la llamada, de acuerdo a la distribución de probabilidad asignada a cada servidor.

Cuando una llamada es asignada a un servidor la variable asignado a este servidor (Call Serv 1,2,3,...n), mediante la función INC incrementa en uno su valor y con esto lleva la cuenta de cuantas llamadas atendió este servidor en su jornada laboral, luego de que la llamada es atendida esta sale del sistema (EXIT).

En caso tal de que todos los agentes estén ocupados al momento de entrar una llamada en el sistema (llamadas IN), la regla de enrutamiento para llamadas IN se bloquea, debido a que llamadas IN está ocupado en su totalidad, entonces la llamada se asigna a llamadas perdidas debido a que en ese instante está primero disponible (First Available). Cuando el sistema asigna una llamada a llamadas perdidas, mediante la función INC incrementa el contador de la variable Lost Call (llamadas perdidas) en una llamada, de esta forma lleva la cuenta de cuantas llamadas se perdieron en la jornada laboral en la mesa de ayuda.

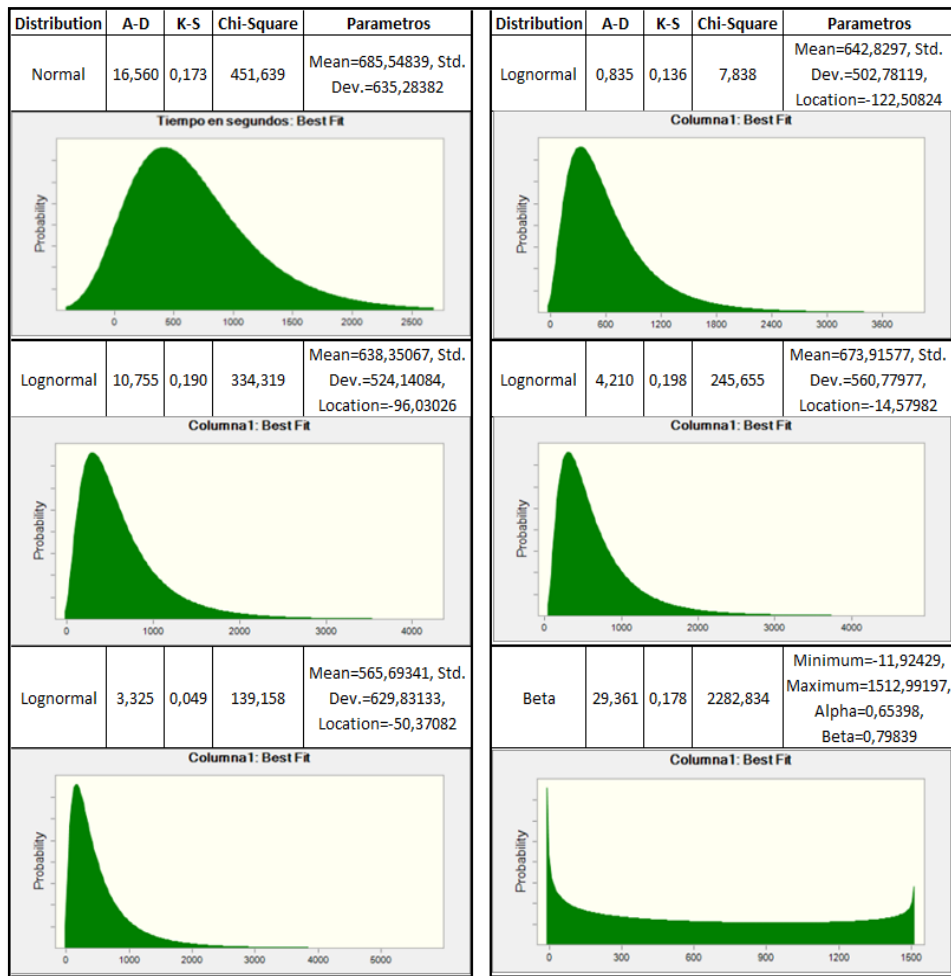
6.3. ETAPA 3: ANÁLISIS DE LOS DATOS

6.3.1 Análisis de los datos para la distribución de probabilidad de los analistas

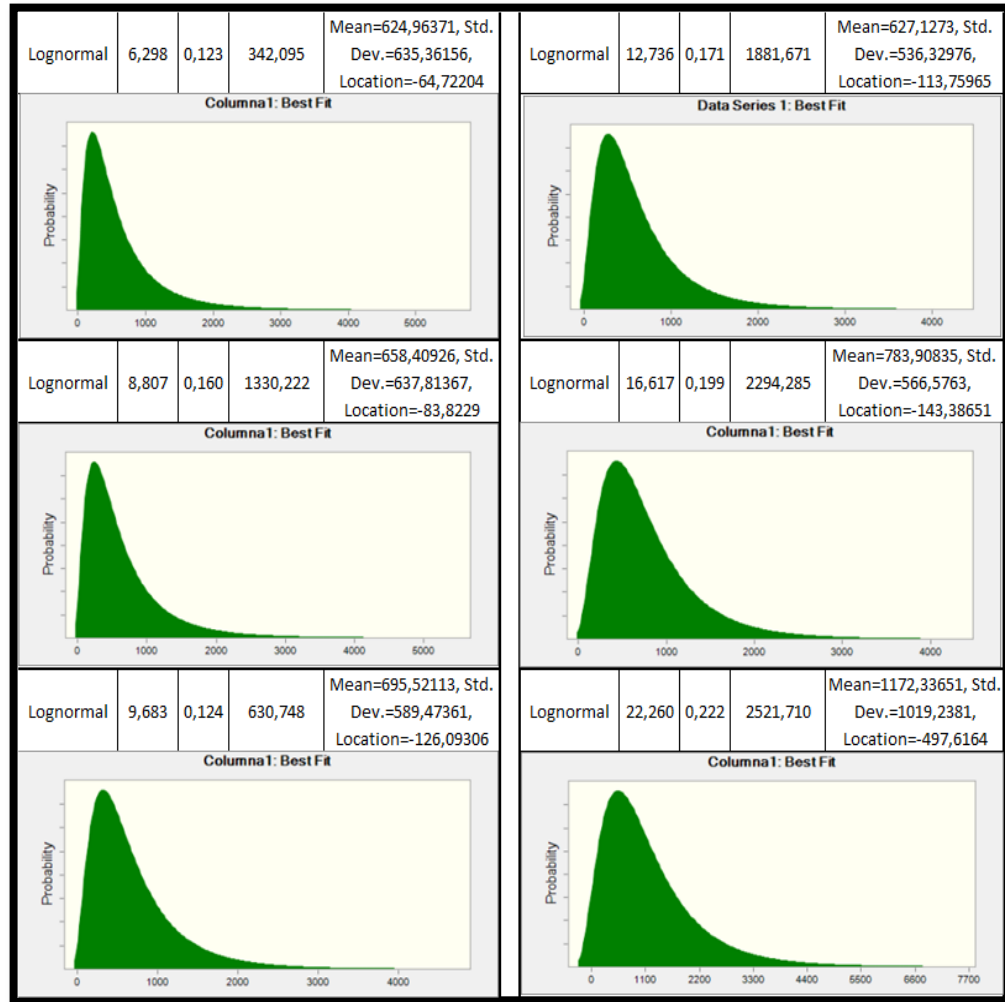
Luego de realizar la recolección de los datos de los 12 agentes que componen la mesa en el horario crítico definido anteriormente, se procede a determinar el comportamiento de los tiempos de atención de cada agente para que sirvan como entrada para el modelo de simulación planteado en ProModel®.

Este análisis se realizó con la herramienta estadística Crystal Ball, y se corroboró los resultados mediante pruebas en Minitab 16 y Microsoft Excel.

Figura 20. Resultados de las distribuciones de los agentes de la mesa de ayuda arrojados por el programa Crystal Ball.



Continuación: Figura 20. Resultados de las distribuciones de los agentes de la mesa de ayuda arrojados por el programa Crystal Ball (continuación).



Fuente y realizó: Los autores

Estas pruebas anteriormente citadas en el marco teórico se utilizaron para determinar si los datos de los agentes de la mesa de ayuda siguen determinada distribución de probabilidad. Crystal Ball cuenta con 21 distribuciones continuas y discretas que puede utilizar para describir un supuesto.

Para el caso en análisis, Crystal Ball generó como resultado que el comportamiento de los datos de los tiempos de atención de los agentes en su

mayoría se comportaba de manera log-normal, en un caso de acuerdo a la distribución Beta y un caso se comportaba de acuerdo a una distribución Normal pero como se puede observar en la figura 19 en el primer recuadro la distribución de los datos de este agente tiende hacia la izquierda, lo que hace pensar que esta distribución es aproximada a las distribución log-normal como la mayoría de los agentes de la mesa de ayuda (Generalmente las distribuciones de tiempos de servicios como Call Centers se comportan de forma exponencial, a medida que el números de datos crece los datos tienden a volverse normales)³².

- **Pruebas de bondad de ajuste:**

Esta prueba se realiza para corroborar que los datos analizados tienen coherencia con las pruebas realizadas en Crystal Ball y Minitab las pruebas fueron realizadas en Microsoft Excel y se observa en la tabla 10.

La tabla 10 muestra un resumen de las pruebas de Anderson-Darling, Kolmogorov-Smirnov y Chi-Cuadrado escogemos la mejor prueba según el valor del P-Valor, si el P-Valor es igual a cero como entonces tomamos el estadístico de prueba para tomar la decisión de cuál es el comportamiento de los agentes que se utilizaran en la simulación.

³² RAMÍREZ, Felipe. Estadístico. Profesor de la Materia Herramientas avanzadas de optimización y simulación. Universidad del valle sede Palmira. Consultado el 13 de abril de 2011.

Tabla 10. Pruebas de bondad de ajuste para los tiempos de atención de los agentes

Agente 1							
Distribución	Anderson-Darling	Anderson-Darling P-Valor	Kolmogorov-Smirnov	Kolmogorov-Smirnov P-Value	Chi-Cuadrado	Chi-Cuadrado P-Valor	Parámetros
Logistic	10,2852	0,000	0,1441	0,000	520,0129	0,000	Media=597,63811, Scale=335,45119
Normal	16,5597	0,000	0,1729	0,000	451,6387	0,000	Media=685,54839, Std. Dev.=635,28382
Weibull	18,3075	0,000	0,1430	0,000	417,4065	0,000	Ubicación=-9,90711, Scale=709,97638, Shape=1,08449
Agente 2							
Lognormal	0,5962	0,058	0,1239	0,093	7,4595	0,059	Media=649,59616, Std. Dev.=540,55787, Ubicación=34,5518
Logistic	2,2723	0,000	0,1774	0,000	12,7568	0,013	Media=552,8351, Scale=275,5947
Exponential	2,7298	0,000	0,2593	0,000	21,4595	0,001	Rango=0,00153
Agente 3							
Lognormal	9,9742	0,000	0,1845	0,000	347,4148	0,000	Media=637,8325, Std. Dev.=514,43534, Ubicación=-18,4685
Gamma	14,4020	0,000	0,1976	0,000	332,9333	0,000	Ubicación=10,89575, Scale=361,65319, Shape=1,78843
Weibull	18,4118	0,000	0,2822	0,000	320,3407	0,000	Ubicación=14,93677, Scale=650,57358, Shape=1,02553
Agente 4							
Lognormal	4,2096	0,000	0,1976	0,000	245,6552	0,000	Media=673,91577, Std. Dev.=560,77977, Ubicación=-14,57982
Gamma	5,0245	0,000	0,2337	0,000	240,4828	0,000	Ubicación=51,01285, Scale=421,27825, Shape=1,50389
Weibull	7,1686	0,000	0,2360	0,000	239,2414	0,000	Ubicación=60, Scale=625,69787, Shape=0,98566

Continuación: Tabla 10. Pruebas de bondad de ajuste para los tiempos de atención de los agentes

Agente 5							
Gamma	8,2614	0,000	0,0787	0,000	197,0026	0,000	Ubicación=-0,47166, Scale=496,8296, Shape=1,14158
Exponential	10,5718	0,000	0,0925	0,000	180,9457	0,000	Rango=0,00176
Agente 6							
Beta	29,3608	---	0,1781	---	2282,8338	0,000	Minimo=-11,92429, Maximo=1512,99197, Alpha=0,65398, Beta=0,79839
Gamma	34,2855	0,000	0,2168	0,000	2275,0818	0,000	Ubicación=-3,41377, Scale=525,16617, Shape=1,29128
Exponential	34,9205	0,000	0,2058	0,000	2304,0317	0,000	Rango=0,00148
Agente 7							
Lognormal	6,2980	0,000	0,1234	0,000	342,0952	0,000	Media=624,96371, Std. Dev.=635,36156, Ubicación=-64,72204
Gamma	10,7596	0,000	0,1294	0,000	332,4762	0,000	Ubicación=-3,83378, Scale=516,91225, Shape=1,23736
Exponential	14,3749	0,000	0,1717	0,000	376,7619	0,000	Tasa=0,00157
Agente 8							
Lognormal	12,7360	0,000	0,1711	0,000	1881,6713	0,000	Media=627,1273, Std. Dev.=536,32976, Ubicación=-113,75965
Gamma	16,0225	0,000	0,1939	0,000	1918,4739	0,000	Ubicación=-13,36296, Scale=392,17332, Shape=1,64418
Agente 9							
Lognormal	8,8065	0,000	0,1602	0,000	1330,2222	0,000	Media=658,40926, Std. Dev.=637,81367, Ubicación=-83,8229
Gamma	8,9525	0,000	0,1376	0,000	1311,4815	0,000	Ubicación=-1,0898, Scale=461,2349, Shape=1,41442

Continuación: Tabla 10. Pruebas de bondad de ajuste para los tiempos de atención de los agentes

Weibull	10,3857	0,000	0,1360	0,000	1296,5185	0,000	Ubicación=-0,17996, Scale=682,42051, Shape=1,12944
Agente 10							
Lognormal	16,6172	0,000	0,1991	0,000	2294,2847	0,000	Media=783,90835, Std. Dev.=566,5763, Ubicación=-143,38651
Gamma	22,2471	0,000	0,2185	0,000	2274,8850	0,000	Ubicación=-32,79745, Scale=366,98737, Shape=2,25847
Logistic	35,9584	0,000	0,2209	0,000	2370,4979	0,000	Media=680,97836, Scale=305,33789
Agente 11							
Lognormal	9,6828	0,000	0,1237	0,000	630,7476	0,000	Media=695,52113, Std. Dev.=589,47361, Ubicación=-126,09306
Gamma	15,9798	0,000	0,1386	0,000	609,9764	0,000	Ubicación=-18,43385, Scale=443,82287, Shape=1,63532
Weibull	28,4092	0,000	0,2140	0,000	605,8655	0,000	Ubicación=-0,21184, Scale=718,5152, Shape=1,03447
Agente 12							
Lognormal	22,2598	0,000	0,2219	0,000	2521,7099	0,000	Media=1172,33651, Std. Dev.=1019,2381, Ubicación=-497,6164
Weibull	26,8384	0,000	0,2229	0,000	2493,5478	0,000	Ubicación=-12,80299, Scale=1258,41695, Shape=1,2578
Gamma	27,2486	0,000	0,2613	0,000	2402,3712	0,000	Ubicación=-1,76147, Scale=1037,42654, Shape=1,1227

Fuente: Plataforma Avaya. Elaboró: Los autores

6.4 ETAPA 4: ANALISIS ESTADISTICO

Para entender el comportamiento de los datos, lo indicado es realizar un análisis de los datos globales tabla 6, estos incluyen llamadas atendidas, llamadas abandonadas, el total de las llamadas ofrecidas, el nivel de servicio, porcentaje de abandono, tiempo promedio de conversación y el tiempo promedio de abandono. La tabla 11 es el análisis estadístico de la tabla 6.

Tabla 11. Análisis estadístico de los indicadores de la mesa de ayuda.

	Llamadas Atendidas	Llamadas abandonadas	Total Llamadas Ofrecidas	Nivel de Servicio (aten/ofre)	Porcentaje de abandono	Tiempo promedio de Conversación en segundos	Tiempo promedio de abandono en segundos
Media	472,62	364,57	837,19	60,11%	39,89%	700	39,48
Mediana	455	293	737	59,25%	40,75%	679	36
Moda	495	----	----	----	----	----	31
Desviación estándar	117,1	228,22	331,59	11,81%	11,81%	140,54	15,13
Varianza	13711,25	52085,36	109951,06	1,40%	1,40%	19751,1	228,86
Kurtosis	3,09	1,76	2,2	1,47	1,47	1,26	5,49
Coefficiente de variación	0,2478	0,626	0,3961	0,1965	0,2961	0,2008	0,3832
Min	209	98	307	45,08%	20,95%	520	20
Max	716	798	1514	79,05%	54,92%	902	88

Fuente y elaboró: Los autores

La tabla 11 muestra el análisis estadístico de los datos, como se observa la varianza mayor se encuentra en la columna total llamadas ofrecidas (109951,06 segundos), con la ayuda del MSc. Gustavo Victoria³³ fue posible determinar si los

³³ VICTORIA Gustavo MSc. Gerente de producción de Carvajal Educación. Cali- Colombia. Observaciones inéditas. 17 de abril de 2011.

datos tienen un comportamiento simétrico. Se realizó la prueba llamada regla empírica que dice lo siguiente:

Regla empírica: Para una distribución de frecuencias simétrica de campana, aproximadamente 68% de las observaciones estará a más y menos una desviación estándar desde la media, aproximadamente 95% de tales observaciones se encontrará a más y menos dos desviaciones estándares de la misma; y prácticamente todas las observaciones (99,7%) se hallarán a más y menos tres desviaciones con respecto a la media.

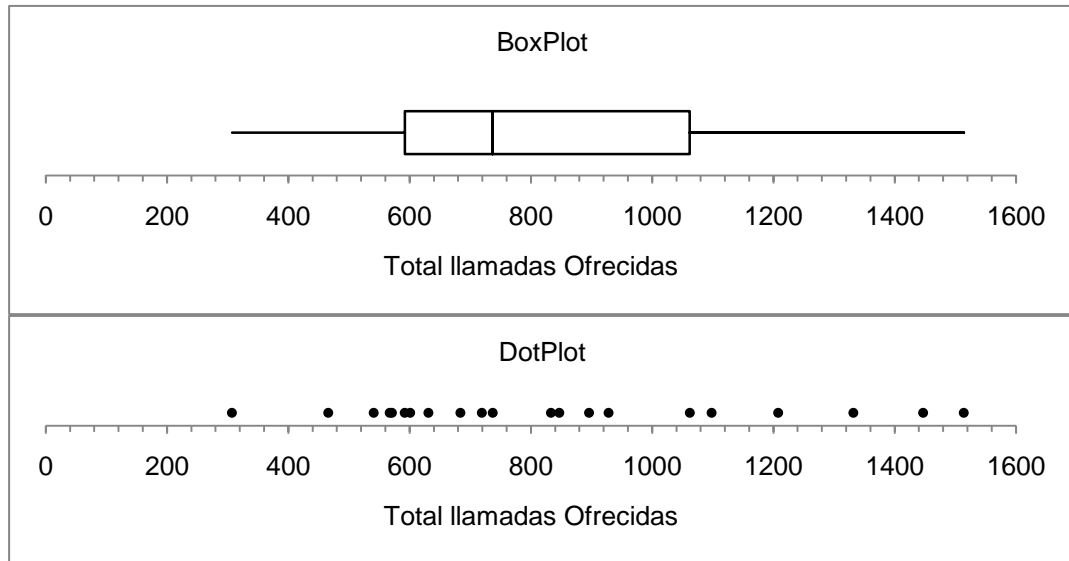
Tabla 12. Resumen prueba empírica.

empirical rule	
mean - 1s	505,60
mean + 1s	1.168,78
percent in interval (68.26%)	71,4%
mean - 2s	174,01
mean + 2s	1.500,37
percent in interval (95.44%)	95,2%
mean - 3s	-157,58
mean + 3s	1.831,96
percent in interval (99.73%)	100,0%

Fuente y elaboró: Los autores

La tabla 12 es el resumen de la regla empírica que muestra la simetría de los datos y que los datos están dentro de los rangos aceptables.

Figura 21. Campana de Gauss



Fuente y elaboró: Los autores

Como se observa en la figura 21 ningún datos esta por fuera de la campana de distribución.

Este resumen estadístico fue realizado con la tabla que fue exportada de la plataforma AVAYA tabla 6, en esta tabla muestra el resumen de las actividades telefónicas que se realizaron durante el mes de Noviembre del 2010.

6.5 ETAPA 5: SELECCIÓN DE TIPO DE SIMULACIÓN Y NUMERO DE REPLICAS

En este apartado se selecciona el tipo de simulación entre terminales y no terminales, luego se define el tipo de simulación que corresponde al caso de la mesa de ayuda estudiada en este trabajo y finalmente teniendo claro el tipo de simulación se procede a calcular el número de réplicas.

- **TIPO DE SIMULACIÓN NO TERMINAL O DE ESTADO ESTABLE**

Para nuestro caso de estudio el modelo de simulación es de tipo terminal debido a que se centra en una jornada laboral de 9 horas de lunes a viernes que son el horario crítico donde los ANS son menores a 80%, en este horario se presentan el mayor número de llamadas perdidas y demoras en los tiempos de atención.

La variable de salida creada para obtener información del sistema, usuario atendidos, contiene la información para hallar el intervalo de confianza (IC) que refuta o acepta el número de réplicas sugerido para el modelo de simulación, se plantea una simulación de 21 réplicas correspondientes a los 21 días durante el cual se recolectaron los datos del sistema real .

A continuación se muestra el procedimiento para determinar si el número de replicas es el adecuado de acuerdo al intervalo de confianza.

$$IC = \left[\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{r \alpha/2}} ; \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{r \alpha/2}} \right]$$

Donde,³⁴

IC = Intervalo de confianza

r = Número de réplicas = 21

α = Nivel de rechazo = 0,05

\bar{X} = Media de los datos = 837,19

S = Desviación estándar de los datos = 331,59

IC = [379.55; 1294.83] Número de llamadas atendidas

Se espera que el 95% de los datos se encuentren entre 379.55 y 1294.83

³⁴GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN Leopoldo. Op.cit., p. 107-124.

Para determinar en la simulación el comportamiento de los datos se tendrán en cuenta los niveles de servicio para tomar decisiones que ayuden a mejorar el servicio actual de la mesa de ayuda, se analizarán el total de llamadas ofrecidas que son la suma de las llamadas atendidas y las llamadas perdidas.

Para la realización de la simulación, se realiza solamente el análisis de las llamadas entrantes, porque son las que están causando problemas de acuerdo a los ANS como se muestra en la etapa 1 de la metodología. Los datos de los portales que ingresan solamente son para igualar la carga de trabajo de los agentes.

6.6 ETAPA 6: ESCENARIOS DE LA SIMULACIÓN

Para mejorar las condiciones de atención de la mesa de servicios y mejorar los ANS sin afectar los tiempos de ocio establecemos escenarios en los que se varía la cantidad de agentes presentes en el horario crítico ya descrito en la etapa 1 del desarrollo de la metodología.

Dichos escenarios no pueden exceder los 15 agentes presentes durante un turno³⁵ en horario crítico y no puede ser menor a los 12 que se encuentran en ese turno porque los acuerdos de niveles de servicio ya están afectados como se observa en el planteamiento del problema.

6.6.1. Escenario actual 12 agentes, comparado con los escenarios propuestos.

³⁵ FERNÁNDEZ, Fernando. Coordinador del servicio de la mesa de ayuda. Observaciones inéditas. 7 de abril de 2011.

Para realizar los escenarios, la distribución que se utilizó para los agentes 13, 14, 15,³⁶ fue una distribución triangular porque moldea el tiempo de duración de las actividades, como contamos con el valor máximo el mínimo y el más probable, se aproxima a distribuciones asimétricas, con $a=524$, $b=902$ y $c=700$, con una media $=716,6666667$ y una desviación estándar de $307,590637$.

A continuación en la tabla 13 se presenta el resumen de los escenarios planteados.

- **Escenario con 12 agentes:**

En este escenario se presentan 11803 llamadas en el mes atendidas, 5396 llamadas perdidas, para un ANS de 69% y un porcentaje de abandono de 31%, mostrando resultados semejantes a los reales.

- **Escenario con 13 agentes:**

En este primer escenario de la simulación, se evidencia que los ANS mejoraron en un 4% comparado con el escenario real quedando un 7% por debajo del mínimo de ANS (80%), el máximo porcentaje que de llamadas perdidas es 20% y en este caso es superior por lo tanto el escenario mejora la situación actual pero no cambia los ANS ni el porcentaje máximo de abandono.

- **Escenario con 14 agentes:**

Para el escenario 2 de la tabla 13 los ANS están en 78% y el porcentaje de abandono es 22% muy cerca de los resultados esperados pero de igual manera los resultados no son los mínimos de llamadas perdidas ni el máximo de abandono permitido.

³⁶ BRAVO Juan José. Master of Science in Systems Engineering. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística .Observaciones inéditas. 26 de abril 2011.

- **Escenario con 15 agentes:**

En este escenario se presenta un nivel de servicio de 83% superando por un 3% los ANS mínimos establecidos y un porcentaje de abandono de 17%, el escenario con 15 presenta mejores resultados que los anteriores escenarios anteriores ya que se respetan los acuerdos establecidos entre los clientes y la empresa prestadora del servicio.

A continuación se presentan tablas resumen de los resultados de la simulación.

Tabla 13. Tabla resumen escenarios de la simulación con distribución triangular

ESCENARIO CON DISTRIBUCION TRIANGULAR			
ESCENARIO 0 (Real)		ESCENARIO 1	
TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199	TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199
LLAMADAS ATENDIDAS	11803	LLAMADAS ATENDIDAS	12589
LLAMADAS PERDIDAS	5396	LLAMADAS PERDIDAS	4610
AGENTES	12	AGENTES	13
NIVEL DE SERVICIO	69%	NIVEL DE SERVICIO	73%
PORCENTAJE DE ABANDONO	31%	PORCENTAJE DE ABANDONO	27%
ESCENARIO 2		ESCENARIO 3	
TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199	TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199
LLAMADAS ATENDIDAS	13368	LLAMADAS ATENDIDAS	14220
LLAMADAS PERDIDAS	3831	LLAMADAS PERDIDAS	2979
AGENTES	14	AGENTES	15
NIVEL DE SERVICIO	78%	NIVEL DE SERVICIO	83%
PORCENTAJE DE ABANDONO	22%	PORCENTAJE DE ABANDONO	17%

Fuente y elaboró: Los autores

Los escenarios 1.1, 2.2 y 3.3, trabajaron con un promedio de las distribuciones de los 12 agentes reales que trabajan en la mesa de ayuda, como se explicó anteriormente al realizar el análisis de los datos se encontró que 10 de estos presentaban un comportamiento Log normal, partiendo de este análisis proponemos que los nuevos agentes que ingresen a la mesa de ayuda se comporten de manera similar, esto quiere decir un comportamiento Log normal.

Los resultados de los escenarios 1.1, 2.2 y 3.2 no fluctúan demasiado respecto a los primeros escenarios, la mesa en esta tanda de escenarios se estabiliza cuando se encuentran 15 agentes atendiendo en la mesa, en este escenario el nivel de servicio supera los ANS de 80% y llega a 82%. Estos escenarios son realizados para corroborar los resultados obtenidos en los escenarios 1, 2 y 3

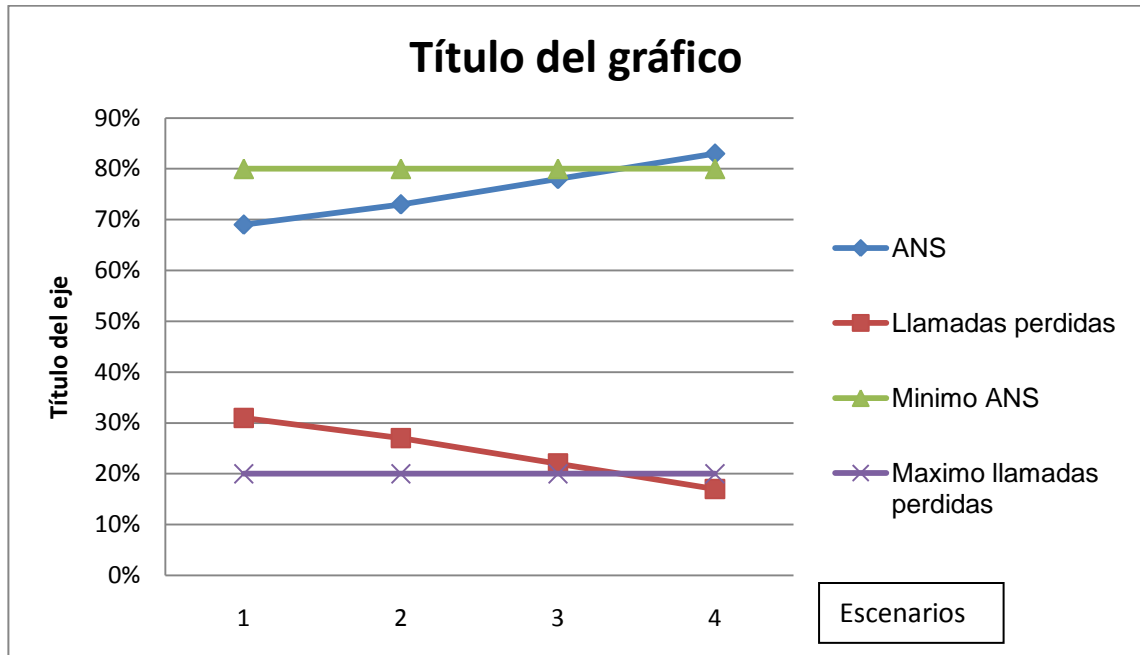
Tabla 14. Tabla resumen escenarios de la simulación con distribución Lognormal

DISTRIBUCION PROMEDIO LOGNORMAL					
ESCENARIO 1.1		ESCENARIO 2.2		ESCENARIO 3.3	
TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199	TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199	TOTAL DE LLAMADAS EN EL SISTEMA	17199
LLAMADAS ATENDIDAS	12585	LLAMADAS ATENDIDAS	13402	LLAMADAS ATENDIDAS	14148
LLAMADAS PERDIDAS	4614	LLAMADAS PERDIDAS	3797	LLAMADAS PERDIDAS	3051
AGENTES	13	AGENTES	14	AGENTES	15
NIVEL DE SERVICIO	73%	NIVEL DE SERVICIO	78%	NIVEL DE SERVICIO	82%
PORCENTAJE DE ABANDONO	27%	PORCENTAJE DE ABANDONO	22%	PORCENTAJE DE ABANDONO	18%

Cuando se comparan los beneficios obtenidos de los escenarios identificados podemos observar según las tablas 13 y 14 que el escenario con 15 agentes presentes durante el horario crítico supera los ANS mínimos (80%).

Los escenarios 4, 5, 6 son iguales a los escenarios 1, 2 y 3 la diferencia radica en el tipo de distribución utilizada. La figura 22 muestra que el escenario 4 es el único escenario donde los ANS son superiores a los mínimos establecidos, las llamadas perdidas están por debajo del 20% del máximo establecido.

Figura 22. Grafica resumen de los escenarios planteados para la simulación



Fuente y elaboró: Los autores

6.7 Propuesta para mejorar los ANS sin afectar los tiempos de ocio en la mesa de ayuda

Luego de identificar y analizar el desempeño de los procesos de atención a los usuarios de la mesa de ayuda y utilizar los conceptos y herramientas ingenieriles, previamente definidas para la aplicación de este trabajo de grado, se demostró cual es la mejor manera de dimensionar la mesa de ayuda.

A continuación se plantean las algunas características, basado en el escenario 3 de simulación, que componen una alternativa de mejora:

- Continuar con los horarios establecidos de atención y con la distribución de personal actual, los resultados para el horario crítico son las que afectan el servicio global y los ANS.
- Garantizar los ANS teniendo como mínimo en el horario crítico a 15 agentes presentes en la mesa de ayuda.
- Informar sobre los respectivos procedimientos y requisitos para hacer efectiva la atención.
- Continuar educando al usuario sobre la buena utilización del servicio, adjuntando formatos y autorizaciones para evitar re-procesos.
- Muchos de los procesos no estaban documentados, este trabajo puede servir como guía para la documentación de estos procesos.
- El agregar 3 agentes a la mesa de servicios se incurriría en una inversión de \$ 4.710.672
- Cuando los analistas tengan vacaciones, permisos o incapacidades puede una persona de soporte en sitio reemplazar al analista para evitar que el número de agentes en la mesa se reduzca, para mantener los ANS por encima de 80%.

Tabla 15. Tabla resumen tiempos de ocio y sobrecarga de trabajo

COMPARACION DE LOS ESCENARIOS						
AGENTES	TIEMPO QUE DEBE SER LABORADO	TIEMPO SIMULADO DE TRABAJO	TIEMPO DE DESCANSO	TOTAL DE SIMULACION	OCIO	SOBRECARGA
12	2268:00:00	2295:01:40	73:30:00	2368:31:40	-	100:31:40
13	2457:00:00	2447:51:40	78:45:00	2526:36:40	-	69:36:40
14	2646:00:00	2599:20:00	84:00:00	2683:20:00	-	37:20:00
15	2835:00:00	2765:00:00	89:15:00	2854:15:00	-	19:15:00

Fuente y elaboró: Los autores

En la tabla 15 se puede observar que los tiempos de ocio no se presentan en ningún escenario por lo contrario se presenta tiempo de sobrecarga de trabajo teniendo en cuenta que se tomo el tiempo de descanso como tiempo laboral ya que es una política de la empresa. Los tiempos de sobre carga de trabajo disminuyen de forma drástica del escenario 1 al escenario 3.

Tabla 16. Comparación de los escenarios de acuerdo al tiempo de ocio

COMPARACION DE LOS ESCENARIOS SIN TENER EN CUENTA TIEMPO DE DESCANSO						
AGENTES	TIEMPO QUE DEBE SER LABORADO	TIEMPO SIMULADO DE TRABAJO	TIEMPO DE DESCANSO	TOTAL DE SIMULACION	OCIO	SOBRECARGA
12	2268:00:00	2295:01:40	-	2295:01:40	-	27:01:40
13	2457:00:00	2447:51:40	-	2447:51:40	9:08:20	-
14	2646:00:00	2599:20:00	-	2599:20:00	46:40:00	-
15	2835:00:00	2765:00:00	-	2765:00:00	70:00:00	-

Fuente y elaboró: Los autores

En la tabla número 16 no se tienen en cuenta los tiempos de descanso que deben ser otorgados para descanso en los agentes, en esta tabla se observa que los tiempos de ocio aumentan a 70 horas en el escenario 3, pero esta solo es una tabla de comparación porque los tiempos de descanso deben ser respetados por políticas de la empresa como se planteó en la etapa 1 de la metodología. Entonces al integrar los 3 agentes se mejoran los ANS y adicionalmente se les respetan los tiempos de descanso diario a los que tienen derecho.

6.8 Comparación entre el modelo de simulación con Promodel, y teoría de colas, realizada con el simulador de Call Center calculator y la aplicación de Excel para simular modelos Erlang C.

Antes de iniciar debemos tener presentes las siguientes consideraciones para el modelo Erlang C:

- El modelo de Erlang C tiene en cuenta los AWT para el cálculo de los niveles de servicio (LS o TSF)
- En los modelos de Erlang C se tiene en cuenta la carga Erlang de entrada al sistema ($\lambda * \mu$ /unidad de tiempo).
- Generalmente los modelos de Erlang consideran una entrada exponencial y un tiempo de atención Poisson o exponencial.
- Los modelos de Erlang tiene gran utilidad para calcular Call Centers desde cero, esto quiere decir calcular el número de agentes, número de líneas, de equipos etc, para una determinada demanda pronosticada.

Consideraciones del modelo de simulación realizado en este trabajo con el programa de simulación Promodel:

- Para calcular los niveles de servicio en el modelo de simulación expuesto anteriormente se tiene en cuenta el número de llamadas atendidas y el número de llamadas totales que entran en el sistema.
- El modelo simulado en Promodel, considera una entrada de llamadas con un comportamiento exponencial y un tiempo de atención Lognormal.
- El modelo simulado en Promodel tiene como finalidad recalcular el número de agentes necesarios para un Help Desk que ha sufrido cambios en la demanda de servicios de TI.

A continuación se presenta el experimento realizado con los simuladores Call Center Calculator y Erlang C Calculator, teniendo en cuenta los siguientes datos:

Duración promedio de una llamada: 600 segundos.

Número de llamadas que entran en promedio por hora en el horario crítico= 104 llamadas.

Tiempo entre llamadas: 37 segundos

Nivel de servicio deseado: 80 %

Los resultados que arroja el Call Center Calculator fueron los siguientes:

Figura 23. Screenshot Call center simulator

The screenshot shows the 'Call Centre Calculator' application window. It is divided into three main sections: 'Targets and assumptions', 'Hourly calls and results', and 'Results summary'. The 'Targets and assumptions' section includes input fields for average call duration (600s), average wrap up time (0s), call answering target (80% answered in 60 seconds), and trunk blocking target (0.040). The 'Hourly calls and results' section is a table with columns for Hour, Calls, Avg. delay, Agents, and Lines. The 'Results summary' section shows the peak hour (Hour 7), maximum agents required (28), and lines required (31). There are 'Calculate' and 'Help' buttons at the bottom.

Targets and assumptions	
Average call duration (s)	600
Average wrap up time (s)	0
Call answering target	80 % answered in
	60 seconds
Trunk blocking target	0.040

Hourly calls and results (Enter number into calls column and click mouse out of box)				
Hour	Calls	Avg. delay	Agents	Lines
Hour 1	104	28	22	24
Hour 2	104	28	22	24
Hour 3	104	28	22	24
Hour 4	104	28	22	24
Hour 5	98	26	21	23
Hour 6	80	43	17	20
Hour 7	140	35	28	31
Hour 8	104	-	-	-

Results summary	
Peak hour	Hour 7
Maximum agents required	28
Lines required	31

Fuente: <http://www.erlang.com/calculator/call/>

Se puede observar en el Screenshot tomado al simulador figura 23, que para un día de trabajo, en el horario crítico con 104 llamadas en promedio por hora y un nivel de servicio deseado de 80%, el simulador indica que se deben tener como mínimo 22 agentes en el sistema. Esto teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas para los modelos de Erlang C. (Consultado 15 de Julio 2011)

La aplicación de Excel Erlang C Calculator confirma este resultado:

Figura 24.- Screenshot Erlan C simulator

Calls per hour	Call duration (s)	Avge delay (s)	Agents required
104	600	37	22
104	600	37	22

Fuente: <http://www.erlang.com/calculator/call/>

Este simulador pide el número de llamadas por hora que entran en el sistema, en nuestro caso 104 llamadas, la duración promedio de la llamada que es 600 seg y el tiempo entre llamadas que es 37 seg. Los resultados son 22 agentes para el flujo de llamadas entrantes establecido.

Se puede observar en este ejercicio que el número de agentes necesarios para el flujo de llamadas propuesto es 22 agentes, se puede deducir que cada agente estará atendiendo en promedio 5 llamadas por hora, el modelo que simulamos en Promodel para un nivel de servicio del 80% y un flujo de llamadas promedio por hora de 104 se necesitan 15 agentes, esto quiere decir que un agente puede atender en promedio 7 llamadas, en un turno de ocho horas un agente puede 56 llamadas comparado con los resultados del Call Center simulator, 40 llamadas atendidas por agente. En cuanto a costos no es posible para la empresa aceptar los resultados del Call center simulator debido a que los costos de contratar 10 agentes seria de \$15.702.240 por mes.

El modelo Propuesto por nosotros en Promodel está más cercano a la realidad del problema y da una solución acorde con las características del sistema estudiado.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis de la situación actual se lograron identificar los horarios críticos de la simulación, horario que se convirtió a través del desarrollo del trabajo en punto importante para poder mejorar el proceso de atención y mejorar los ANS.

En la recopilación de los datos encontramos que el horario crítico afecta directamente el proceso global, los usuarios reportan al área de calidad que la línea se encuentra ocupada en estos horarios críticos ya definidos en el desarrollo del trabajo.

La plataforma Avaya y Service Center facilitaron la recolección de los datos que hizo posible realizar el análisis estadístico de los datos conocer su comportamiento en el tiempo y como puede resolver el problema de dimensionamiento al ingresar estos datos en la simulación de Promodel®.

En el análisis de la situación actual de la mesa de ayuda logramos identificar como se dimensiona actualmente la mesa de ayuda y encontramos que, más que métodos matemáticos se utiliza la experiencia y conocimiento que tienen los coordinadores del servicio.

Para realizar el dimensionamiento de la mesa de ayuda se plantearon tres escenarios, debido a que el propósito de este trabajo era determinar el número de agentes que se sugiere tener en la mesa de ayuda para cumplir o superar los niveles de servicio establecidos con el cliente o empresa contratante. Cada escenario propuesto contiene un incremento de 1 agente hasta que se supere el nivel de servicio establecido y por recomendación del coordinador del servicio el límite máximo de agentes en la mesa son 15.

Actualmente, la simulación es una poderosa técnica para la resolución de problemas, el presente trabajo funciona como guía para la toma de decisiones, poder determinar el número de analistas, poder mejorar los servicios de atención y la calidad con la que perciben los usuarios el servicio ofrecido.

En resultados obtenidos se observa que la metodología utilizada es un punto de partida, que junto con la experiencia de los coordinadores del servicio se puedan mantener los ANS por encima de 80% sin afectar los tiempos y ocio y respetando las políticas generales de la empresa.

Un tiempo de sobrecarga de trabajo de 19 horas entre 15 agentes representa solamente una reducción en aproximadamente 2 minutos de descanso por cada analista (tabla 15), de igual manera se respetaría la política de la empresa de otorgar un descanso aproximadamente de 15 por persona para realizar ejercicio, relajarse, caminar etc.

El ejercicio de comparar el modelo de simulación propuesto en promodel y los simuladores de call center basados en la teoría de Erlang, nos permite concluir que la teoría propuesta por Erlang nos sirve como guía para desarrollar el modelo de simulación en promodel, pero no se puede abarcar todo el concepto de la teoría, debido a que el comportamiento de los datos de entrada de nuestro modelo no encajan en los postulados hechos por Erlang, por esta razón la diferencia tan grande en los resultados de este ejercicio.

RECOMENDACIONES

Para un flujo de llamadas entre 17000 y 18500 el comportamiento de la mesa con 15 agentes es el adecuado, esto quiere decir que con esta cantidad de agentes se puede alcanzar los niveles de servicio establecidos.

Para un flujo de llamadas diario de 850 a 1200 llamadas, es necesario si se quiere cumplir los niveles de servicio aumentar el número de agentes de 12 a 15. El aumento de nivel de servicio aumentara los costos de nómina y equipos de la mesa, pero es claro que descongestionara el sistema y permitirá que los agente puedan tener unos horarios que les permitan tomar su descanso, este tipo de cambios se verá reflejado en el desempeño individual y de toda la mesa en general.

El otro factor que interviene para que la mesa aumente su pie de fuerza, es la satisfacción de sus clientes, este aumento en el número de agentes, dará como resultado una mejor y rápida atención, aumentara la credibilidad de la mesa ante las directivas, disminuirá las inconformidades.

Continuar trabajando con los diagramas y funciones estandarizadas, utilizar este trabajo como punto de partida de la estandarización del servicio, este trabajo puede servir como guía para mejorar los procesos y encontrar falencias en los métodos aplicado en la actualidad.

La forma de realización de este trabajo se efectúa variando el número de agentes en la mesa de ayuda; sin embargo esto no quiere decir que sea la única forma en la cual se pueda aumentar los ANS, por otro lado el modelo no está sujeto a esta única solución, otra cambio puede ser la variación en horarios.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTEA, Cesar. Dimensionamiento en el Call Center. Call center news.[Artículo de internet], Julio-agosto de 2006 [Consulta: 1 octubre de 2010]. Disponible en internet en: <http://callcenternews.com.ar/index.php/Columna/columna/344-altea.html>.
- AZARANG, Mohammad y GARCIA, Eduardo. Simulación y análisis de modelos estocásticos. México D.F.: MC.GRAW HILL, 1996. p. 23.
- BOURNISSEN, Juan Manuel. Mesa de ayuda para el área informática de la Universidad Adventista de la Plata. Anteproyecto de Tesis ingeniería informática. Buenos Aires- Argentina. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.2002. 52 p.
- BROCKMEYER, E: HALSTROM, H. L y JENSEN, Arne .The life and works of A.K. Erlang. Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences, 1948 No. 2. (English Ed.). **21** (2), 1977.278 p.
- CAO ABAD, Ricardo. Introducción a la simulación y a la teoría de colas. Coruña-España.: NETBIBLO, 2002. 230 p.
- CAPDEHOURAT, Germán. Análisis y Diseño de Call Centers. Trabajo Final de evaluación de Performance de Redes de Telecomunicaciones. Monte video-Uruguay.: Universidad de la república. Facultad de ingeniería eléctrica. 2006. p. 3.
- COOPER, R. 2000. . Queueing Model Portland. [Documento en línea]. Disponible desde Internet en: <<http://www.cs.usm.maine.edu/~pfiorini/erlang-B-C-models.pdf>> [con acceso el 29/03/2011].
- COSS BU Raúl. Simulación: Un enfoque practico. México D.F; LIMUSA, S.A. 2003. p.17.
- CHASE, Richard B. AQUILANO, Nicholas J. JACOBS, F. Robert. Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios. Bogotá D.C.: McGraw-Hill. 8 ed. 2000. 954 p.
- CHÁVEZ, L. Modelo de dimensionamiento de un centro de atención de llamadas basado en simulación de sistemas. Tesis de grado .Lima-Perú.: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.86 p.
- CRUZ, Camino y RAQUEL, Cristina. Desarrollo de un plan que permita la implantación de un centro de servicio al usuario para la empresa Pinto S.A., basado en el marco de referencia ITIL v3.0. Tesis de Grado ingeniería electrónica y redes de comunicación. Quito-Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional Facultad de ingeniería eléctrica y electrónica. 2009. 111 p.

FAULÍN Francisco, Javier y ÁNGEL, Juan Alejandro. Diseño de un complemento de simulación para describir los cambios estratégicos en los call center. En: International Conference on Modelling and Simulation in Technical and Social Sciences (Girona, 25-27 de junio del 2002). Ponencia. Cataluña- España.: UOC, 2002. p. 2.

FREDERICK S, Hillier y GERALD J, Lieberman. Introduction to operations research. Bogota D.C.: McGraw-Hill.2 ed. 2001. 835 p.

GARCÍA DUNNA, Eduardo; GARCÍA REYES Heriberto y CÁRDENAS BARRÓN Leopoldo. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México D.F.: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. 220 p.

GONZALES Luz Minerva, Giachetti Ronald E, Ramírez Guillermo. Knowledge management- centric Help Desk:specification and performance evaluation. Journal decision support systems [on line], 2 de agosto de 2005, vol 40, no 2 [consulta: 2 de febrero de 2011]. Disponible en internet: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1141013>.

GROSS, Donald y HARRIS, Carl. Fundamentals of Queueing Theory. Traducido por José Pedro García Sabater. Valencia- España.: UPV, 2001. p. 2.

HICKS PHILIPS E. Ingeniería industrial y administración: Una nueva perspectiva, México D.F: CECSA, 2000.968 p.

KOOLE, Ger. Call Center Mathematics: A scientific method for understanding and improving contact centers. Publication. Version of January 26, 2007. 80 pág.

KUNCOVA, Martina y WASSERBAUE, Pavel. Discrete Event Simulation– Helpdesk model in simprocess [online] febrero de 2006 [consulta 22 de mayo de 2011]. Disponible en internet: http://www.scseurope.net/conf/ecms2007/ecms2007cd/ecms2007/ecms2007%20pdf/ibs_0158.pdf.

LÓPEZ VÁSQUEZ, Edgar Haroldo. Implementación del modelo administrativo de soporte técnico informático, en la superintendencia de administración tributaria. Trabajo de grado Ingeniería Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos. Facultad de Ingeniería Industrial. 2006. 102 p.

NAYLOR, Balintfy y BURDICK-KONG, Chu. Técnicas de Simulación en Computadoras. México D.F.: Editorial LIMUSA, 1973.p.10.

PRADA, Luis Gabriel y ORTIZ TORRES, Diana. Modelo de mejoramiento en los procesos de atención al usuario en las ventanillas de una I.P.S. de la ciudad de Palmira. Tesis de grado ingeniería industrial. Palmira: Universidad del Valle, 2009.

RESTREPO, Luz Stella; DOMÍNGUEZ Lina Johanna y HOYOS MORENO, Juan David. Valoración de la carga laboral en una empresa de servicios. En: Scientia et Technica. Noviembre-diciembre, 2006. Vol. XII, No 32, .p.2.

SHANNON, Robert E. La Simulación de los Sistemas: El Arte y Ciencia, los Precipicios de Englewood. N.J.: PRENTICE-HALL, 1975.p.15.

TAMBORERO, José y CEJALVO, Antonio. Fiabilidad: La distribución Lognormal. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. Fichas Técnicas.NTP 418. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_418.pdf. Fecha de consulta: 13 de abril de 2011.

TORRES, José Fidel y ROSAS, Juan Carlos. Optimización del call center de credibanco. En: III congreso colombiano y I conferencia andina internacional de investigación de operaciones (14 al 19 de marzo: Cartagena). Ponencia. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes, 2004. 8 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Documentacion: Presentacion de teisis, trabajos de grado y otros trabajos de investigacion. NTC 1486. Bogota D.C: El instituto 2008. 41 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Referencias documentales para fuentes de informacion electronica. NTC 4490. Bogota D.C: El instituto 2008. 27 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliograficas: contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogota D.C: El instituto 2008. 38 p.

ANEXOS

Anexo A. Resultado de las variables para 15 agentes

Name	Replication	Total Changes	Avg Time Per Change (HR)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value
call serv14	9	41,00	0,22	35,00	76,00	76,00	56,45
call serv14	10	39,00	0,23	53,00	92,00	92,00	73,01
call serv14	11	48,00	0,19	40,00	88,00	88,00	63,17
call serv14	12	45,00	0,20	60,00	105,00	105,00	84,39
call serv14	13	42,00	0,20	40,00	82,00	82,00	60,90
call serv14	14	40,00	0,22	48,00	88,00	88,00	70,05
call serv14	15	38,00	0,23	37,00	75,00	75,00	55,90
call serv14	16	43,00	0,21	42,00	85,00	85,00	64,08
call serv14	17	42,00	0,21	35,00	77,00	77,00	54,82
call serv14	18	57,00	0,16	35,00	92,00	92,00	64,51
call serv14	19	40,00	0,22	38,00	78,00	78,00	57,29
call serv14	20	54,00	0,16	48,00	102,00	102,00	73,49
call serv14	21	40,00	0,22	41,00	81,00	81,00	60,17
call serv15	1	48,00	0,18	44,00	92,00	92,00	66,23
call serv15	2	44,00	0,20	45,00	89,00	89,00	66,21
call serv15	3	48,00	0,18	32,00	80,00	80,00	55,09
call serv15	4	44,00	0,20	44,00	88,00	88,00	65,78
call serv15	5	42,00	0,21	34,00	76,00	76,00	56,12
call serv15	6	35,00	0,26	43,00	78,00	78,00	62,09
call serv15	7	45,00	0,20	42,00	87,00	87,00	66,07
call serv15	8	36,00	0,24	44,00	80,00	80,00	60,83
call serv15	9	50,00	0,18	46,00	96,00	96,00	69,69
call serv15	10	43,00	0,21	50,00	93,00	93,00	68,83
call serv15	11	40,00	0,22	37,00	77,00	77,00	57,33
call serv15	12	42,00	0,21	40,00	82,00	82,00	60,27
call serv15	13	41,00	0,22	33,00	74,00	74,00	51,29
call serv15	14	41,00	0,22	47,00	88,00	88,00	66,26
call serv15	15	47,00	0,18	44,00	91,00	91,00	70,34
call serv15	16	39,00	0,22	41,00	80,00	80,00	60,87
call serv15	17	39,00	0,23	54,00	93,00	93,00	74,66
call serv15	18	48,00	0,19	37,00	85,00	85,00	61,59
call serv15	19	42,00	0,21	44,00	86,00	86,00	63,84
call serv15	20	51,00	0,17	42,00	93,00	93,00	65,83

Continuación Anexo A. Resultado de las variables para 15 agentes

General		Locations	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables	
15 agentes ,distribucion lognormal,quitando los 60-40.MOD (Normal Run - All Reps)								
Name	Replication	Total Changes	Avg Time Per Change (HR)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value	
call in	1	636,00	0,01	667,00	1303,00	1303,00	985,16	
call in	2	677,00	0,01	688,00	1365,00	1365,00	1025,11	
call in	3	676,00	0,01	676,00	1352,00	1352,00	1015,67	
call in	4	663,00	0,01	664,00	1327,00	1327,00	993,25	
call in	5	674,00	0,01	656,00	1330,00	1330,00	986,93	
call in	6	651,00	0,01	676,00	1327,00	1327,00	997,18	
call in	7	689,00	0,01	683,00	1372,00	1372,00	1024,69	
call in	8	649,00	0,01	674,00	1323,00	1323,00	1001,81	
call in	9	677,00	0,01	663,00	1340,00	1340,00	1010,28	
call in	10	684,00	0,01	662,00	1346,00	1346,00	1004,64	
call in	11	630,00	0,01	696,00	1326,00	1326,00	1002,86	
call in	12	667,00	0,01	688,00	1355,00	1355,00	1024,00	
call in	13	641,00	0,01	654,00	1295,00	1295,00	980,37	
call in	14	663,00	0,01	690,00	1353,00	1353,00	1026,89	
call in	15	636,00	0,01	681,00	1317,00	1317,00	994,18	
call in	16	658,00	0,01	678,00	1336,00	1336,00	1006,25	
call in	17	665,00	0,01	688,00	1353,00	1353,00	1011,59	
call in	18	669,00	0,01	656,00	1326,00	1326,00	981,05	
call in	19	658,00	0,01	659,00	1317,00	1317,00	993,96	
call in	20	689,00	0,01	701,00	1390,00	1390,00	1050,82	
call in	21	682,00	0,01	669,00	1351,00	1351,00	1004,69	
lost call	1	182,00	0,05	152,00	334,00	334,00	242,61	
lost call	2	141,00	0,06	131,00	272,00	272,00	202,67	
lost call	3	142,00	0,06	143,00	285,00	285,00	212,11	
lost call	4	155,00	0,06	155,00	310,00	310,00	234,52	
lost call	5	144,00	0,06	163,00	307,00	307,00	240,85	
lost call	6	167,00	0,05	143,00	310,00	310,00	230,59	
lost call	7	129,00	0,07	136,00	265,00	265,00	203,08	
lost call	8	169,00	0,05	145,00	314,00	314,00	225,96	
lost call	9	141,00	0,06	156,00	297,00	297,00	217,49	
lost call	10	134,00	0,07	157,00	291,00	291,00	223,13	
lost call	11	188,00	0,05	123,00	311,00	311,00	224,91	
lost call	12	151,00	0,06	131,00	282,00	282,00	203,77	

Ready Database Loaded - c:\archivos de programa\promode\output\15 agentes ,distribucion lognormal,quitando los 60-40.rdb

Fuente y elaboró: Los autores

Anexo B. Resultados locaciones para 15 agentes

General	Locations	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables		
15 agentes ,distribucion lognormal,quitando los 60-40.MOD (Normal Run - All Reps)								
Name	Replication	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	
LLAMADAS IN	1	0,38	1,00	636,00	0,01	0,41	1,00	
LLAMADAS IN	2	0,38	1,00	677,00	0,00	0,35	1,00	
LLAMADAS IN	3	0,38	1,00	676,00	0,00	0,37	1,00	
LLAMADAS IN	4	0,38	1,00	663,00	0,00	0,36	1,00	
LLAMADAS IN	5	0,38	1,00	675,00	0,00	0,35	1,00	
LLAMADAS IN	6	0,38	1,00	652,00	0,01	0,39	1,00	
LLAMADAS IN	7	0,38	1,00	689,00	0,00	0,33	1,00	
LLAMADAS IN	8	0,38	1,00	650,00	0,01	0,40	1,00	
LLAMADAS IN	9	0,38	1,00	677,00	0,00	0,36	1,00	
LLAMADAS IN	10	0,38	1,00	684,00	0,00	0,35	1,00	
LLAMADAS IN	11	0,38	1,00	630,00	0,01	0,41	1,00	
LLAMADAS IN	12	0,38	1,00	668,00	0,01	0,38	1,00	
LLAMADAS IN	13	0,38	1,00	642,00	0,01	0,40	1,00	
LLAMADAS IN	14	0,38	1,00	663,00	0,01	0,37	1,00	
LLAMADAS IN	15	0,38	1,00	637,00	0,01	0,41	1,00	
LLAMADAS IN	16	0,38	1,00	658,00	0,00	0,36	1,00	
LLAMADAS IN	17	0,38	1,00	665,00	0,00	0,37	1,00	
LLAMADAS IN	18	0,38	1,00	669,00	0,00	0,37	1,00	
LLAMADAS IN	19	0,38	1,00	658,00	0,01	0,39	1,00	
LLAMADAS IN	20	0,38	1,00	690,00	0,00	0,32	1,00	
LLAMADAS IN	21	0,38	1,00	682,00	0,00	0,34	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	1	0,38	1,00	182,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	2	0,38	1,00	141,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	3	0,38	1,00	142,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	4	0,38	1,00	155,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	5	0,38	1,00	144,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	6	0,38	1,00	167,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	7	0,38	1,00	129,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	8	0,38	1,00	169,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	9	0,38	1,00	141,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	10	0,38	1,00	134,00	0,00	0,00	1,00	

Continuación Anexo B. Resultados locaciones para 15 agentes

General								
Locations	Location States Single	Failed Arrivals	Entity Activity	Entity States	Variables			
15 agentes ,distribucion lognormal,quitando los 60-40.MOD (Normal Run - All Reps)								
Name	Replication	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (HR)	Avg Contents	Maximum Contents	
LLAMADAS PERDIDAS	11	0,38	1,00	188,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	12	0,38	1,00	151,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	13	0,38	1,00	177,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	14	0,38	1,00	155,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	15	0,38	1,00	182,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	16	0,38	1,00	160,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	17	0,38	1,00	153,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	18	0,38	1,00	149,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	19	0,38	1,00	160,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	20	0,38	1,00	129,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS PERDIDAS	21	0,38	1,00	136,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	1	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	2	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	3	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	4	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	5	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	6	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	7	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	8	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	9	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	10	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	11	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	12	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	13	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	14	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	15	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	16	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	17	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	18	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	19	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	
LLAMADAS	20	0,38	1,00	818,00	0,00	0,00	1,00	

Fuente y elaboró: Los autores

Anexo C. Resumen de indicadores de desempeño de la mesa de ayuda diario, durante el mes de Noviembre de 2010.

Fecha	Llamadas Atendidas	Llamadas abandonadas	Abandono	Total llamadas Ofrecidas	Tiempo promedio de velocidad de respuesta	Nivel de Servicio (aten/ofre)	Porcentaje de abandono	Tiempo promedio Conversación mm:ss	Tiempo promedio abandono mm:ss	Nivel de servicio mínimo	Porcentaje de abandono máximo
1 Lunes	43	1	1	44	00:00:09	97,73%	2,27%	00:09:50	00:01:59	80%	20%
2 Martes	505	357	357	862	00:00:53	58,58%	41,42%	00:09:50	00:00:52	80%	20%
3 Miércoles	490	461	461	951	00:00:29	51,52%	48,48%	00:10:10	00:00:21	80%	20%
4 Jueves	417	490	490	907	00:00:12	45,98%	54,02%	00:13:50	00:00:47	80%	20%
5 Viernes	385	106	106	491	00:00:09	78,41%	21,59%	00:14:55	00:00:23	80%	20%
6 Sábado	121	12	12	133	00:00:12	90,98%	9,02%	00:13:19	00:00:18	80%	20%
7 Domingo	52	2	2	54	00:00:10	96,30%	3,70%	00:19:20	00:00:10	80%	20%
8 Lunes	639	582	582	1221	00:00:28	52,33%	47,67%	00:09:56	00:00:55	80%	20%
9 Martes	394	159	159	553	00:00:19	71,25%	28,75%	00:14:25	00:01:28	80%	20%
10 Miércoles	450	161	161	611	00:00:13	73,65%	26,35%	00:14:02	00:00:26	80%	20%
11 Jueves	382	189	189	571	00:00:08	66,90%	33,10%	00:09:15	00:00:20	80%	20%
12 Viernes	219	98	98	317	00:00:18	69,09%	30,91%	00:08:55	00:00:42	80%	20%
13 Sábado	89	9	9	98	00:00:19	90,82%	9,18%	00:17:01	00:00:27	80%	20%
14 Domingo	40	0	0	40	00:00:11	100,00%	0,00%	00:10:22	00:00:00	80%	20%
15 Lunes	509	613	613	1122	00:00:12	45,37%	54,63%	00:11:19	00:00:35	80%	20%
16 Martes	648	702	702	1350	00:00:16	48,00%	52,00%	00:15:02	00:00:48	80%	20%
17 Miércoles	437	293	293	730	00:00:20	59,86%	40,14%	00:14:22	00:00:40	80%	20%
18 Jueves	401	244	244	645	00:00:16	62,17%	37,83%	00:09:20	00:00:36	80%	20%
19 Viernes	469	284	284	753	00:00:17	62,28%	37,72%	00:09:08	00:00:31	80%	20%
20 Sábado	113	19	19	132	00:00:24	85,61%	14,39%	00:14:25	00:00:35	80%	20%
21 Domingo	75	15	15	90	00:00:20	83,33%	16,67%	00:17:19	00:00:17	80%	20%

22	Lunes	513	561	561	1074	00:00:24	47,77%	52,23%	00:08:40	00:00:46	80%	20%
23	Martes	446	390	390	836	00:00:10	53,35%	46,65%	00:09:55	00:00:31	80%	20%
24	Miércoles	496	198	198	694	00:00:17	71,47%	28,53%	00:13:25	00:00:43	80%	20%
25	Jueves	480	129	129	609	00:00:17	78,82%	21,18%	00:12:21	00:00:33	80%	20%
26	Viernes	449	134	134	583	00:00:21	77,02%	22,98%	00:14:47	00:00:49	80%	20%
27	Sábado	146	18	18	164	00:00:19	89,02%	10,98%	00:15:09	00:00:30	80%	20%
28	Domingo	73	13	13	86	00:00:16	84,88%	15,12%	00:13:50	00:00:21	80%	20%
29	Lunes	727	792	792	1519	00:00:12	47,86%	52,14%	00:09:50	00:00:35	80%	20%
30	Martes	699	759	759	1458	00:00:25	47,94%	52,06%	00:11:33	00:00:28	80%	20%
Total y Promedios		10.864	7.790	7.790	18.654	00:00:18	58,24%	41,76%	00:12:37	00:00:34		

Fuente: Suministrado por la empresa.

Modelos básicos de teoría de colas

Definición de teoría de colas

Hillier y Lieberman en su libro³⁷ investigación de operaciones, definen teoría de colas como:

El estudio de la espera en las distintas modalidades. Usa los modelos de colas para representar los tipos de sistemas de líneas de espera (sistemas que implican colas de algún tipo) que surgen en la práctica. Las fórmulas para cada modelo indican cual debe de ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurrirá, en una gama de circunstancias.

Donald Gross y Carl Harris en su libro³⁸ “Fundamentals of Queueing Theory” definen un sistema de colas como:

Un sistema de colas se puede describir como: “clientes” que llegan buscando un servicio, esperan si este no es inmediato y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar.

Azarang Mohammad, García Eduardo, en su libro³⁹ Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos, definen una línea de espera como:

³⁷ FREDERICK S, Hillier y GERALD J, Lieberman. Introduction to operations research. McGraw-Hill. 2 ed. 2001. P. 835.

³⁸ GROSS, Donald y HARRIS, Carl. Fundamentals of Queueing Theory. Traducido por José Pedro García Sabater. Valencia- España.: UPV, 2001. p. 2.

³⁹ AZARANG, Mohammad y GARCIA, Eduardo. Simulación y análisis de modelos estocásticos. México D.F.: Mc.Graw Hill, 1996. p. 23.

El efecto resultante en un sistema cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio. Este sistema está conformado por un conjunto de entidades en paralelo que proporcionan un servicio a las transacciones que aleatoriamente entran al sistema. Tanto el tiempo de servicio como las entradas al sistema son fenómenos que generalmente tienen asociadas fuentes de variación que se encuentran fuera de control del tomador de decisiones, de tal forma que se hace necesaria la utilización de modelos estocásticos que permitan el estudio de este tipo de sistemas.

Características de los sistemas de colas.⁴⁰

Seis son las características básicas que se deben utilizar para describir adecuadamente un sistema de colas:

- Patrón de llegada de los clientes
- Patrón de servicio de los servidores
- Disciplina de cola
- Capacidad del sistema
- Número de canales de servicio
- Número de etapas de servicio

Algunos autores incluyen una séptima característica que es la población de posibles clientes

Patrón de llegada de los clientes

-
- ⁴⁰ Fonollosa i Guardiet, Joan B.; Suñé Torrents, Albert; Sallán Leyes, José María, Métodos cuantitativos de organización industrial II. Ediciones UPC, S.L., 2003 p. 103-140

En situaciones de cola habituales, la llegada es estocástica, es decir la llegada depende de una cierta variable aleatoria, en este caso es necesario conocer la distribución probabilística entre dos llegadas de cliente sucesivas. Además habría que tener en cuenta si los clientes llegan independiente o simultáneamente. En este segundo caso (es decir, si llegan lotes) habría que definir la distribución probabilística de éstos. También es posible que los clientes sean “impacientes”, es decir, que lleguen a la cola y si es demasiado larga se vayan, o que tras esperar mucho rato en la cola decidan abandonar.

Por último es posible que el patrón de llegada varíe con el tiempo. Si se mantiene constante le llamamos estacionario, si por ejemplo varía con las horas del día es no-estacionario. Para el modelo que estamos estudiando las llegadas de los clientes siguen una distribución Poisson con una frecuencia de llegada de 37,5 seg, los clientes llegan al sistema de forma independiente el patrón de llegada se mantiene constante en el tiempo.

Patrones de servicio de los servidores

Los servidores pueden tener un tiempo de servicio variable, en cuyo caso hay que asociarle, para definirlo, una función de probabilidad. También pueden atender en lotes o de modo individual. El tiempo de servicio también puede variar con el número de clientes en la cola, trabajando más rápido o más lento, y en este caso se llama patrones de servicio dependientes. Al igual que el patrón de llegadas el patrón de servicio puede ser no-estacionario, variando con el tiempo transcurrido. Para el sistema que se estudia la función de probabilidad asociada a la atención de clientes es Log normal, los servidores atienden los casos de modo individual, los tiempos de servicio varían pero no de acuerdo al número de clientes sino al tipo de caso que se atiende.

Disciplina de colas

Hace referencia a la forma en que los clientes que esperan son seleccionados para ser atendidos. Las formas más comunes de disciplinas de colas se presentan a continuación⁴¹:

- 1) FIFO (First-In-First-Out): se le da servicio al primero que ha llegado, de forma que la cola está ordenada según el orden de llegada de los usuarios.
- 2) LIFO (Last-In-First-Out): se le da servicio al último que ha llegado, de forma que la cola está ordenada en orden inverso al de llegada de los usuarios.
- 3) SIRO (Service-In-Random-Order): Se sortea aleatoriamente cuál de los usuarios en espera accederá al servicio

Capacidad del sistema

En algunos sistemas existe una limitación respecto al número de clientes que pueden esperar en la cola. A estos casos se les denomina situaciones de cola finitas. Esta limitación puede ser considerada como una simplificación en la modelización de la impaciencia de los clientes. Para el sistema en estudio la capacidad de la cola es infinita esto quiere decir que en el sistema pueden haber infinitos usuarios esperando por la atención, se debe tener en cuenta que la cola depende de un netamente de comportamiento humano debido a que la paciencia del usuario es un factor que afecta directamente el tamaño de la cola de espera.

La capacidad del sistema se puede determinar con el tiempo promedio que puede esperar un cliente al ser atendido, luego de establecer el tiempo de espera en la cola, se determina en ese tiempo cuantos clientes pueden

⁴¹ AZARANG, Mohammad y GARCIA, Eduardo. Simulación y análisis de modelos estocásticos. México D.F.: Mc.Graw Hill, 1996. p. 23.

llegar y así determinar el número máximo de clientes que permanecerán el promedio en la cola.

Número de canales del servicio

Hace referencia a como son atendidos los clientes en relación a la cantidad de estaciones de servicio y al número de filas existentes en el proceso. Aquí haremos dos clasificaciones:

Sistemas de Colas de Canal Múltiple: Cuando se tienen múltiples estaciones cada una de las cuales proporciona el mismo servicio y asociadas a cada una se tiene una fila de espera o alternativamente una sola fila para todos los servidores.

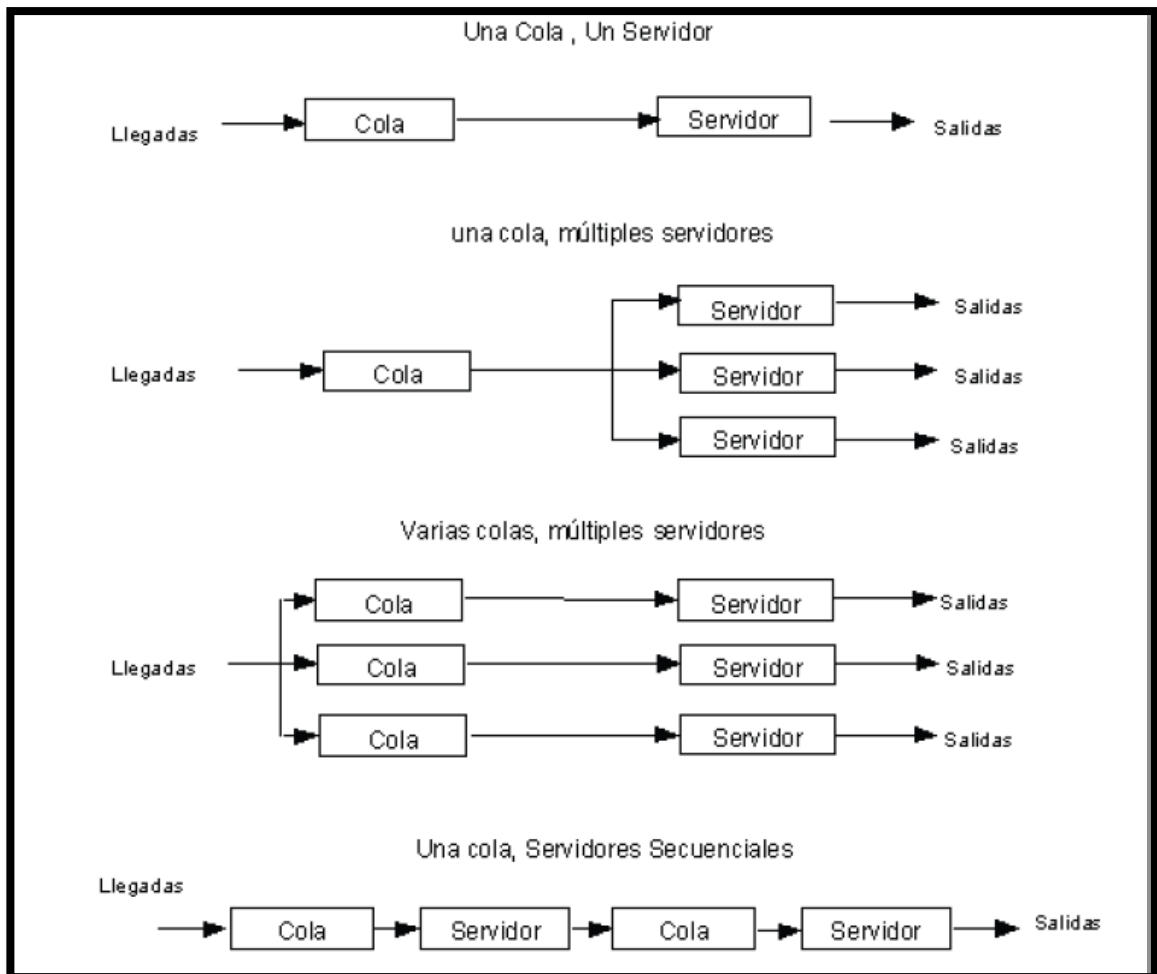
Sistemas de Canal Sencillo: Cuando se tiene una estación de servicio única. De esta manera todos los clientes o productos tienen que pasar necesariamente por este punto. En la figura 4 se muestran estos dos tipos de sistemas de colas. El sistema en estudio posee en la actualidad 12 estaciones de servicio en el horario crítico y estas 12 estaciones están asociadas a 1 sola fila. En la figura 25 es una cola-múltiples servidores podemos observar de manera grafica un ejemplo del sistema que estamos estudiando

Etapas de servicio

Un sistema de colas puede ser unietapa o multietapa. En los sistemas multietapa el cliente puede pasar por un número de etapas mayor que uno (Figura. 5, una cola servidores secuenciales). Una peluquería es un sistema unietapa, salvo que haya diferentes servicios (manicura, maquillaje) y cada uno de estos servicios sea desarrollado por un servidor diferente. En algunos sistemas multietapa se puede admitir la vuelta atrás o “reciclado”,

esto es habitual en sistemas productivos como controles de calidad y reproceso. El proceso que estamos estudiando es un sistema mixto, esta seccionado en niveles que atiende el caso de acuerdo a su complejidad, algunos casos pasan por todos los niveles de la mesa 3 niveles (ya descritos en el marco teórico), debido a que los niveles posteriores no pudieron darle solución, pero el 80% de los casos son solucionados en el primer nivel por esta razón lo clasificamos como mixto.

Figura 25. Tipos de sistemas de colas



Fuente: Teoría de colas guía didáctica Liliana Enciso Quispe

Llegadas de un sistema de colas

- El tiempo que transcurre entre dos llegadas sucesivas en el sistema de colas se llama tiempo entre llegadas, este tiempo tiende a ser muy variable.
- El número esperado de llegadas por unidad de tiempo se llama tasa media de llegadas (λ), el tiempo esperado entre llegadas es $1/\lambda$ por ejemplo, si la tasa media de llegadas es $\lambda = 20$ clientes por hora, entonces el tiempo esperado entre llegadas es $1/\lambda = 1/20 = 0.05$ horas o 3 minutos.

Llegadas de un sistema de colas distribución de Poisson.

Es una distribución discreta empleada con mucha frecuencia para describir el patrón de las llegadas a un sistema de colas

- Su forma algebraica es:

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

- Donde:
 - $P(k)$: probabilidad de k llegadas por unidad de tiempo
 - λ : tasa media de llegadas
 - $e = 2,7182818\dots$

El servicio de un sistema de colas

El servicio puede ser brindado por un servidor o por servidores múltiples, el tiempo de servicio varía de cliente a cliente, el tiempo esperado de servicio depende de la tasa media de servicio (μ).

El tiempo esperado de servicio equivale a $1/\mu$, por ejemplo, si la tasa media de servicio es de 25 clientes por hora entonces el tiempo esperado de servicio es: $1/\mu = 1/25 = 0.04$ horas, o 2.4 minutos.

Desempeño del sistema de colas

Para evaluar el desempeño se busca conocer dos factores principales⁴²:

- El número de clientes que esperan en la cola
- El tiempo que los clientes esperan en la cola y en el sistema

Medidas de desempeño del sistema de colas

Medidas de desempeño para un sistema de colas en general:

- Número esperado de clientes en la cola L_q
- Número esperado de clientes en el sistema L_s
- Tiempo esperado de espera en la cola W_q
- Tiempo esperado de espera en el sistema W_s

⁴² Lineas de espera: Teoria de colas I,S,C, E,D, M.E. Ricardo de Jesus Bustamante Gonzalez. Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Division de informática. 2009

Fórmulas generales:

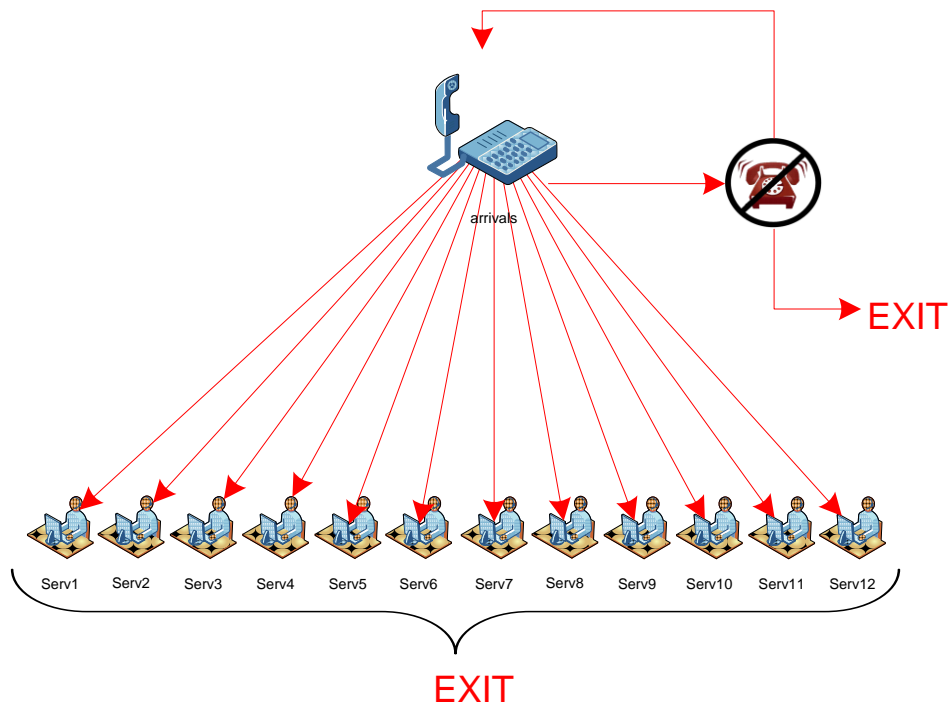
$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L_s = \lambda W_s$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

Anexo E. Diagrama del process del modelo de simulación



Fuente y realizó: Los autores

GLOSARIO

ACD: Distribuidor automático de llamadas (en inglés ACD, Automatic Call Distributor) es un proceso por el cual se distribuyen las llamadas que llegan a los sistemas de atención.

AGENTE: Persona que tiene a su cargo la prestación de servicio en la Mesa de Ayuda.

ANS: Acuerdo de nivel de servicio

C1, C2, C3: Turnos de trabajo complementarios.

CONTROL DE INCIDENTES: Es el proceso de identificar, registrar, clasificar y solucionar los incidentes hasta que los servicios afectados sean restaurados a su operación normal.

DIMENSIONAMIENTO: Acción y efecto de determinar el tamaño, o importancia de algo. Proceso para determinar la dimensión o característica correcta o esperada de algo. Para este caso, dimensionamiento hace referencia a determinar el tamaño del recurso humano necesario para que una organización garantice su adecuado funcionamiento dentro de los niveles de servicio establecidos por la empresa.

ESCALAMIENTO: Cuando un incidente no puede ser solucionado, dentro del tiempo acordado, entonces alguien con más autoridad y experiencia será involucrado.

ESCALACIÓN JERÁRQUICA: Puede realizarse en cualquier momento durante el proceso de solución, para una persona de mayor rango, cuando se determine que el incidente no se va a resolver en el tiempo definido, esto debe ocurrir antes de que se termine el tiempo definido en los ANS.

INCIDENTE: Cualquier desviación de la operación estándar y que causa o puede causar una interrupción o reducción de la calidad del servicio.

ITIL (Information Technology Infrastructure Library): Es una colección de las mejores prácticas observadas en la industria de TI. Es un conjunto de libros en los cuales se encuentran documentados todos los procesos referentes a la provisión de servicios de tecnología de información hacia las organizaciones.

IVR: Interactive Voice Response, Respuesta de voz interactiva.

LLAMADA PERDIDA: Una llamada pérdida para la empresa se define como una llamada que después de 20 segundos de espera por parte del usuario no sea respondida ya sea porque no hay agentes disponibles o porque el agente demora más del tiempo establecido en contestar la llamada.

LLAMADAS OFRECIDAS: Son todos los intentos que los clientes realizan para comunicarse con el centro de llamadas.

LOGIN: Término que se usa en computación para referirse al ingreso a las cuentas de usuario, a los sistemas o servicios.

MESA DE AYUDA: La Mesa de Ayuda y Soporte es un equipo de trabajo, punto de contacto entre la comunidad de usuarios y el Centro de Cómputo y su objetivo principal será responder de una manera oportuna, eficiente y con alta calidad a las problemáticas que dicha comunidad realice en relación a los diversos aspectos de la Tecnología de la Información.

PASSWORD: Contraseña o clave de ingreso.

PLATAFORMA AVAYA: Es una familia de aplicaciones de comunicación y herramientas de colaboración diseñadas para hacer el control y el contacto de usuario.

PORTAL WEB: Sitio web cuya característica fundamental es la de servir de puerta de entrada para ofrecer al usuario, el acceso a una serie de recursos y de servicios prestados por la Mesa de Ayuda.

PROBLEMA: Una condición identificada en múltiples incidentes que exhiben síntomas comunes y de la cual no se conoce la. Nota, un nuevo problema debe ser creado para cada incidente cuando no existe una solución rutinaria o relación con algún problema o error conocido.

SERVICE CENTER: Aplicativo de registro de llamadas proporcionado por Hewlett Packard Corporation, también tiene una interfaz para hacer ingreso por parte del usuario de problemáticas de forma escrita. Los portales web son re-direccionados a este aplicativo.

TI: Tecnologías de información

TIEMPO DE OCIO: Tiempo en que el agente se encuentra sin realizar ninguna actividad.

USUARIO: Persona que se comunica con la mesa de ayuda.