

**Programa MBA de la Universidad Torcuato Di Tella, Buenos Aires**

## **Eficiencias en un *call center***

**Lic. Adolfo Javier Epstein**

**Tesis de graduación, Promoción 2004**

**Tutor: Ing. José Bianconi**

**Junio de 2007**

## Agradecimientos

Agradezco a mis padres haberme inculcado a lo largo de todos estos años la importancia del estudio, pero por sobre todas las cosas el esmero y la dedicación que tuvieron en mi formación como persona.

A mis hermanos, tíos, primos, amigos y mi novia por alentarme a que termine de escribir esta tesis.

A mi tutor de tesis por las valiosas sugerencias y comentarios que enriquecieron el trabajo, y por su guía permanente.

A la Universidad Nacional de Tucumán por haberme permitido formarme como profesional y a la Universidad Torcuato Di Tella que junto a su cuerpo de profesores hicieron que haber cursado un MBA haya sido una experiencia muy enriquecedora.

## Resumen

El objetivo de este trabajo es desarrollar dos modelos de simulación de operaciones de un *call center*, por un lado un diagrama del nivel de servicio donde los datos de entrada serán la tasa de arribo de llamados y la tasa de servicio. Como dato de salida tendré variables que van a depender de la cantidad de servidores que elija tener como el largo de cola de espera, la cantidad de llamados dentro del sistema, los tiempos de espera en la cola, el tiempo promedio dentro del sistema y el nivel de uso de los servidores. Por otro lado un modelo que nos va a ayudar a determinar como distribuir la fuerza de trabajo dada una necesidad de servicio definida previamente.

Los modelos que voy a presentar pueden simular las operaciones para diferentes tasas de arribos y tiempo de respuesta de los servidores pudiendo ser usados para diferentes tipos de operaciones, ya sea para un *call center* que es el tema que voy a abordar o en cualquier otro esquema de prestación de servicios que sea similar.

Este modelo va a servir para poder estimar la fuerza necesaria de trabajo para dar soporte a la prestación del servicio. En los capítulos de este trabajo voy a establecer los pasos a seguir para formular la elaboración del modelo de simulación y su experimentación.

En este estudio voy a mostrar los beneficios de centralizar en un solo *call center* la operación de varios *call centers* que están distribuidos en distintos lugares geográficos o bien centralizar en un solo *call center* la operación de varias campañas al mismo tiempo, en lugar de destinar a cada una de ellas grupos separados de trabajo.

El objetivo del trabajo es proveer una herramienta que permita mejorar la satisfacción de los clientes a través de la mejora del servicio y la calidad, aumentando los ingresos y reduciendo los costos de proveer un servicio excelente.

## Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen.....	3
Índice.....	4
Introducción.....	5
Definiciones.....	6
Que es un modelo de simulación? .....	6
Call Center.....	7
Teoría de colas.....	8
Programación lineal.....	11
Campaña.....	11
Elaboración del modelo de simulación y su experimentación .....	12
Formulación del problema.....	14
Conceptualización del modelo.....	14
Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad.....	15
Construcción del modelo en un lenguaje de computadora .....	15
Realización de pruebas piloto.....	16
Validación y verificación del modelo.....	16
Diseño de los experimentos de simulación.....	16
Simulaciones con el modelo.....	16
Análisis de los resultados de las simulaciones .....	17
Simulaciones adicionales.....	17
Reporte del trabajo.....	17
El por qué del desarrollo del modelo .....	18
Análisis del comportamiento de la demanda de llamados.....	19
Análisis a lo largo del día .....	19
Análisis a lo largo de la semana .....	20
Análisis a lo largo del año .....	21
Planificación de la prestación del servicio .....	22
Estimando $\lambda$ .....	22
Estimando $\mu$ .....	23
Fórmulas .....	24
Armando los modelos de simulación.....	25
Modelo de la operación del call center.....	25
Modelo de asignación de los recursos .....	29
Centralización de llamados de más de una campaña .....	35
Conclusiones.....	38
Bibliografía .....	39

## Introducción

Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deberían comprender sus necesidades actuales y futuras, satisfacerlos excediendo sus expectativas. Dada además la alta competencia que impera en el mercado y las mayores demandas por parte de estos, las empresas no pueden darse el lujo de no disponer de un canal adecuado para escucharlos o simplemente no saber que piensan estos sobre los productos o servicios que esta les provee.

Por medio de un *call center* y gracias a los avances tecnológicos como la VOIP (voz sobre internet) y la implementación de plataformas de IVR (por sus siglas en ingles *interactive voice response*) las empresas disponen de un canal para poder llegar a sus clientes.

El problema que se les plantea a las empresas es que la operación del mismo no es tan simple, además la necesidad de dar una cobertura las 24 hs. los hace incurrir en elevados costos fijos y capacidad ociosa, es por ello que muchas de ellas consideran la posibilidad de tercerizar el servicio debido además a la falta de experiencia en el manejo operativo o bien por su alta necesidad de inversión inicial en equipos tecnológicos.

Lo que voy a intentar demostrar con este trabajo son las eficiencias que se generan a partir de centralizar en un *call center* los llamados telefónicos provenientes de diferentes campañas o bien en vez de tener *call centers* en diferentes regiones geográficas, concentrando todo el tráfico de llamados en uno solo, que cuente con operadores con habilidades necesarias para atender los llamados provenientes de mas de una campaña al mismo tiempo o bien sean capaces de atender los llamados de diferentes regiones superando las barreras culturales, de idiosincrasia y de idioma con los clientes, redundando en un menor costo operativo por llamada atendida y haciendo posible que empresas a las cuales les seria muy caro atender a sus clientes por este medio, puedan contratar este servicio a empresas que se dedican a brindar servicios de *outsourcing* de *call center*.

Por otro lado voy a mostrar como lograr un adecuado dimensionamiento y distribución de los recursos a lo largo de la campaña para hacer frente en forma eficiente a la demanda de llamados telefónicos. En este trabajo voy a hacer uso de un ejemplo concreto y de modelos de simulación para hacer más didáctico lo que quiero transmitir.

## Definiciones

### ***Que es un modelo de simulación?***

El modelo es una abstracción o representación formal de un sistema o un proceso<sup>1</sup>. La simulación es la representación de la operación de algún proceso o sistema del mundo real a través del tiempo, ya sea hecha manualmente o en una computadora. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema y su observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real.

Los modelos de simulación pueden ser utilizados como una herramienta de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes o como una herramienta de diseño para predecir el comportamiento de sistemas nuevos.

Algunas de las ventajas de la experimentación mediante modelos de simulación son:

- No necesita la interrupción de la operación del sistema real, se puede aplicar a sistemas no existentes.
- Se puede acortar o alargar la representación del tiempo real.
- No requiere un gran nivel de sofisticación matemática en comparación con la modelación utilizada en soluciones analíticas.
- Generalmente tiene un costo mucho menor que la experimentación con un sistema real.

Sin embargo, la simulación también está sujeta a importantes desventajas, entre ellas están las siguientes:

- Falta de obtención de resultados exactos. La simulación sólo proporciona estimaciones.
- Tampoco es una técnica de optimización. La simulación es una técnica de evaluación utilizada para responder a preguntas del tipo “¿qué pasa si...?”, pero no para preguntas de “¿qué es lo mejor?”. La simulación no genera soluciones, sino que evalúa aquellas que se han propuesto. En el caso que voy a presentar voy a poder responder la pregunta que pasa si agrego un operador más para que atienda los llamados. El modelo me va a entregar datos de salida y voy a ser yo como usuario de la información el que va a decidir que es lo mejor, si poner uno, dos o la cantidad de operadores que crea conveniente, dependiendo del nivel de servicio que quiero prestar y del costo que tengan los recursos.

---

<sup>1</sup> Rafael Lahoz-Beltra, 2004, Bioinformática simulación, vida artificial e inteligencia artificial, pag 13.

## Call Center

El *call center* es una oficina centralizada usada para la atención de grandes volúmenes de llamados telefónicos, ya sean estos entrantes o salientes. Ejemplos de llamados entrantes son: Por servicio al cliente, mesa de ayuda, para servicios de emergencia. Las llamadas salientes pueden ser por ventas de productos, encuestas a clientes, cobro de deudas.

Generalmente el *call center* funciona en espacios extensos de trabajo, cada puesto consta de un *box* insonorizado, una PC, teléfono con auriculares y estaciones de supervisores cada determinado número de operadores.

El circuito de comunicación se inicia cuando un cliente disca el número para comunicarse utilizando la red de telefonía pública (PSTN por sus siglas en inglés *public switched telephone network*).

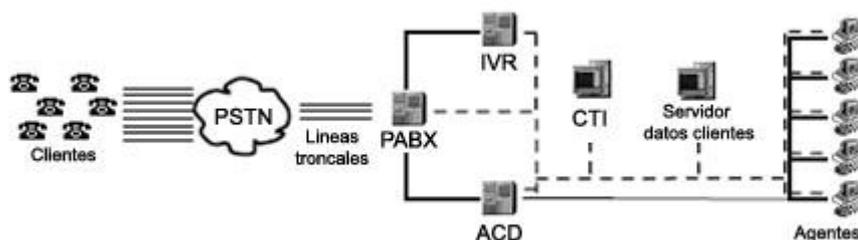
El *call center* puede contar con un IVR que es una tecnología que permite al que llama por teléfono interactuar con una base de datos mediante el teclado del teléfono o bien en algunos mas a avanzado con su propia voz, lo cual permite automatizar algunas respuestas predefinidas y derivar al grupo de operador predefinido de acuerdo a la opción prefijada.

En caso de que la llamada se tenga que derivar a un operador, la misma pasa a un ACD (*automatic call distributor*) que es un software que permite la distribución de las llamadas entrantes entre los operadores disponibles en un determinado momento.

El CTI (*Computer telephone integration*) sirve para brindar información a todo el sistema sobre la persona que esta llamando, por ejemplo se puede identificar a los clientes por medio del numero desde el que están llamando y podemos saber de antemano en que idioma prefiere ser atendido el cliente, la región geográfica desde donde se esta comunicando o cualquier otro tipo de información que tengamos sobre el cargada en una base de datos. Ver figura 1.

Las empresas que más demandan servicios de *call center* son las de consumo masivo, consultoras de estudios de mercado, estudios de cobranzas, tarjetas de crédito, servicios de mesas de ayuda entre otras.

### Diagrama de un *call center*



**Figura 1**

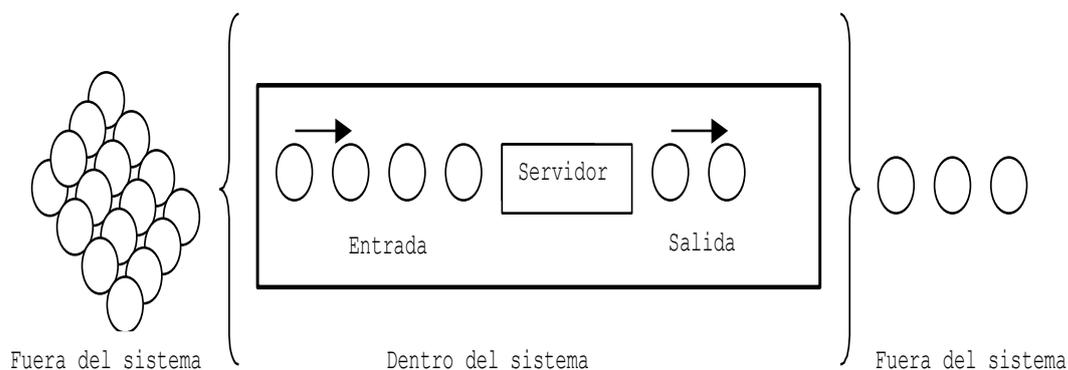
## Teoría de colas

La teoría de colas nace de los estudios realizados por Agner Kraup Erlang para analizar la congestión del tráfico telefónico. Esta investigación es muy útil para analizar todos los problemas donde la demanda del servicio sea mayor a la capacidad de prestación.

Las colas son partes de nuestras vidas y convivimos con ellas en formas diaria, por ejemplo cuando hacemos las compras en el supermercado y esperamos a ser atendidos en la cola de la caja, cuando llevamos el auto al lavadero y esperamos nuestro turno, en la fila de un banco cuando esperamos ser atendidos por un oficial de cuentas o un cajero, en síntesis el fenómeno de la cola surge cuando unos recursos compartidos necesitan ser accedidos para dar servicio a usuarios o clientes de ese servicio.

El esquema es el siguiente: Van llegando los clientes, si todos los servidores disponibles están ocupados, se va formando una cola. Cuando se desocupa un servidor el primer cliente de la cola va a ese servidor, luego de ser atendido sale del sistema. Si la demanda del servicio fuera superior a la capacidad de prestación por unidad de tiempo la cola se haría infinitamente larga. Ver figura 2.

### Esquema de una cola



**Figura 2**

Las colas de espera se producen por un desbalance transitorio entre oferta y demanda. La pregunta que nos tenemos que hacer es entonces: ¿Cómo podemos gestionar eficientemente la oferta, y al mismo tiempo satisfacer la demanda ofreciendo una buena calidad en la prestación del servicio?

La gestión de la oferta o capacidad de un operador de servicios involucra distintos planos de alcance:

Por un lado el operativo-estratégico, donde se realiza el dimensionamiento de capacidad de largo plazo (por ejemplo, la cantidad de puestos de trabajos se van a instalar en un *call center*), y por otro lado en el plano operativo de corto plazo (decidir cuántos de esos puestos de trabajo deberían tener un operador

atendiendo llamados en un momento dado). El *management* cotidiano de los tiempos de espera se centra en este segundo plano.

Definir el proceso de llegada para una línea de espera implica determinar la distribución de probabilidad para la cantidad de llegadas en un periodo dado. Para muchas situaciones de línea de espera, cada llegada ocurre aleatoria e independientemente de otras llegadas y no podemos predecir cuando ocurrirá.

En tales casos los analistas cuantitativos han encontrado que la distribución de probabilidad de Poisson proporciona una buena descripción del patrón de llegadas<sup>2</sup>. En este caso, la probabilidad de  $n$  llegadas en el tiempo  $T$  está dado por la siguiente fórmula:

$$P(n,T) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^n}{n!} \quad n = 0,1,2,\dots$$

Donde:

$\lambda$  = Tiempo promedio de llegadas por unidad de tiempo

$T$  = Período

$n$  = Número de llegadas en el tiempo  $T$

$P(n,T)$  = Probabilidad de  $n$  llegadas en el tiempo  $T$

---

<sup>2</sup> Anderson, Sweeney y Williams , 2006, Métodos cuantitativos para los negocios, pag 601.

### **¿Cómo manejar con eficiencia las colas de espera?**

En principio, se debería configurar un sistema estable, donde la capacidad ofrecida sea superior a la demanda. Si esperamos un flujo promedio de 100 llamados por hora, entonces deberíamos agregar una cantidad de operadores que puedan atender en total a más de 100 llamadas por hora.

Supongamos que se supera esta pregunta. La siguiente sería: ¿Cuántos operadores tendrían que estar disponibles en un instante dado? Si se colocan muchos operadores, se estará ofreciendo un alto nivel de servicio (es decir, bajos tiempos de espera), pero a un costo elevado. Si se colocan pocos operadores, el resultado será una mala calidad de servicio, aunque a un costo menor.

Sin embargo vale la pena aclarar que la mala calidad de servicio conlleva costos adicionales (aunque más difíciles de medir), el más visible es la insatisfacción de los clientes, se pueden llegar a perder ventas debido a que los clientes no están dispuestos a tener que esperar excesivamente.

El nivel de servicio óptimo a ofrecer será aquel donde se minimice la suma de las curvas de los costos incurridos en brindar el servicio y los costos de mala calidad. Un concepto fundamental en la gestión de tiempos de espera es el coeficiente de utilización, definido como el cociente entre demanda promedio, y capacidad promedio ofrecida.

Un sistema estable requiere un coeficiente de utilización menor a 100%. Claro, un coeficiente del 95% cumple con esta condición, y uno estaría tentado a decir que el sistema es muy eficiente. Optimismo quizás injustificado, lo más probable es que se esté ofreciendo una muy mala calidad en la prestación del servicio. En un *call center*, si el coeficiente de utilización es del 95% en presencia de apenas 4 operadores, la calidad de servicio podría ser muy mala, sin embargo si se agregara un operador adicional (es decir, incrementando la capacidad en un 25%), los tiempos de espera se reducirán en mucho más que 25%.

La siguiente pregunta sería: ¿Se puede gestionar un sistema al 95% de utilización y al mismo tiempo brindar alta calidad de servicio? La respuesta es sí, pero sólo cuando la oferta está diversificada en "muchos" servidores. Aquí encontramos una excelente excusa para armar un gran *call center* que reciba muchos llamados telefónicos (de diferentes campañas y regiones geográficas que den más volumen para justificar su dimensionamiento mayor).

Típicamente un sistema altamente utilizado a menos que diversifique su oferta en muchos servidores, brindará una pobre calidad de servicio, lo que va a redundar en largas colas de espera, altos tiempos de espera y por consiguiente insatisfacción de los clientes.

Sin duda, en un entorno de sistema congestionado y pobre calidad de servicio, ampliar y/o gestionar adecuadamente la capacidad de la oferta es la clave para mejorar su performance.

Otra pregunta importante se refiere a la configuración del sistema: ¿Conviene tener una cola por grupo de operadores, o una sola cola para todo el sistema, de tal manera que el primero de la cola de llamados se derive al primer operador disponible? (un ejemplo gráfico podría ser el dilema entre tener un sistema como se acostumbra en los supermercados donde cada cola tiene su servidor o en el caso de los bancos donde hay una cola y varios servidores). Seguramente en el segundo caso, el sistema es más eficiente el uso de los recursos, y más ágil el flujo de clientes a través del sistema.

### ***Programación lineal***

En el mundo real no existe una libertad total de acción, el medioambiente que nos rodea nos impone restricciones, por ejemplo oferta de materias primas, capacidad de producción de una fábrica y hasta la demanda de los productos terminados.

La palabra lineal obedece a que solo se aplica a relaciones lineales.

En la práctica, la resolución de un problema de programación lineal comprende tres fases.

1. El planteamiento del modelo
2. La resolución del problema
3. El análisis económico de los resultados

La programación lineal es una técnica matemática cuyo objetivo es la determinación de soluciones óptimas a los problemas económicos en los que interviene recursos limitados entre actividades competitivas. Es un método matemático que permite asignar una cantidad fija de recursos a la satisfacción de varias demandas, de tal forma que mientras se optimiza algún objetivo, se satisfacen otras condiciones definidas<sup>3</sup>.

### ***Campaña***

Es una serie de operaciones coordinada que se llevan a cabo para cumplir con un objetivo prefijado. Es necesario definir quienes son los clientes que llaman, para que llaman y como se los atiende.

---

<sup>3</sup> Ángel León González Ariza , 2003, Manual de investigación de operaciones, pag 12.

## Elaboración del modelo de simulación y su experimentación

Voy a seguir una secuencia para la elaboración del modelo de simulación y para la realización de los experimentos.

Los pasos son 11 a saber:

1. Formulación del problema.
2. Conceptualización del modelo.
3. Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad.
4. Construcción del modelo en un lenguaje de computadora.
5. Realización de pruebas piloto.
6. Validación y verificación del modelo.
7. Diseño de los experimentos de simulación.
8. Simulaciones con el modelo.
9. Análisis de los resultados de las simulaciones.
10. Simulaciones adicionales.
11. Reporte del trabajo.

Ver figura 3.

Esquema de los pasos para elaboración de un modelo de simulación y su experimentación.

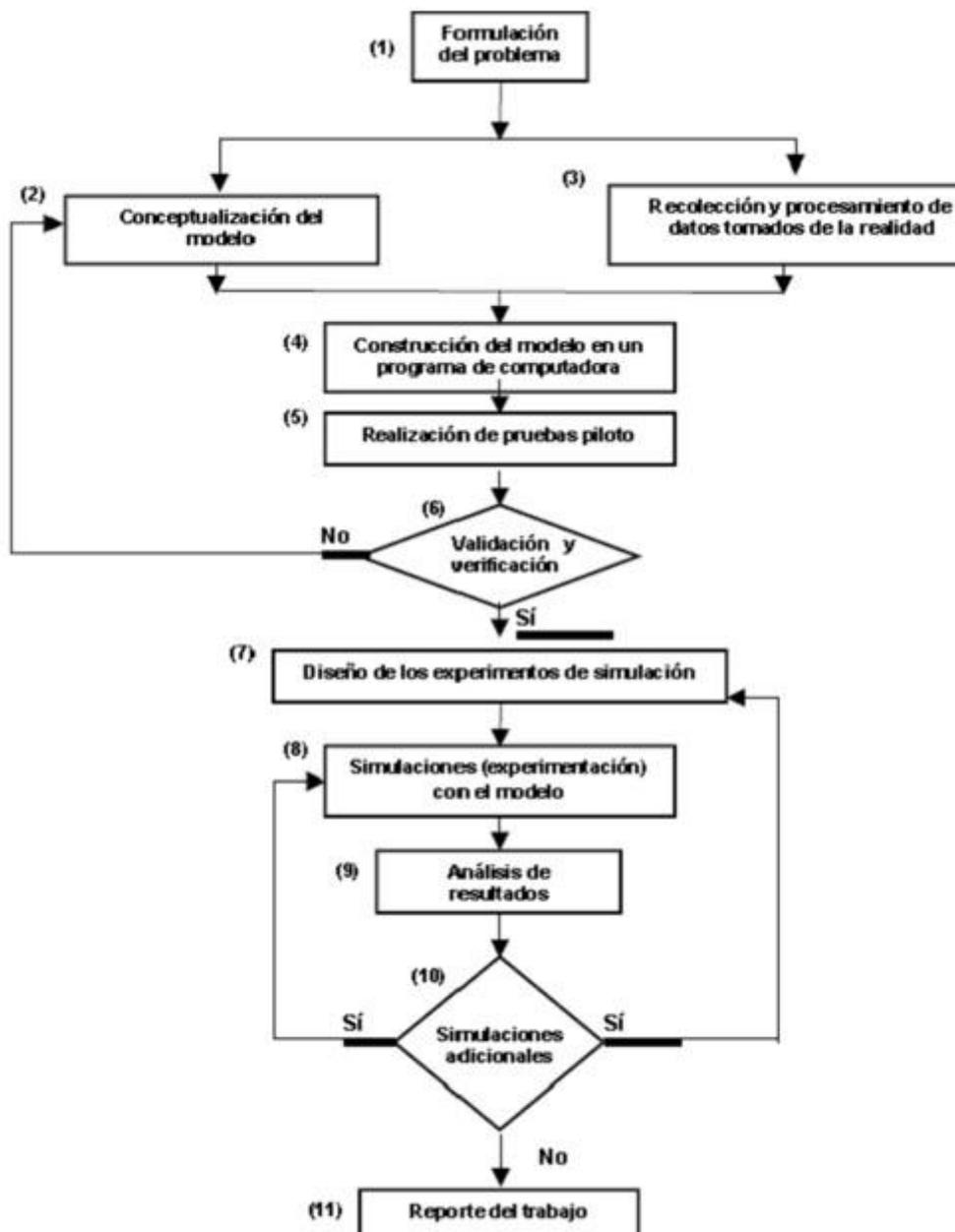


Figura 3

## **Formulación del problema**

Las empresas necesitan disponer de un *call center* que sea capaz de recibir las llamadas de sus clientes, sin embargo se presenta el problema de que necesitan disponer de una cobertura de 24 hs. al día y 7 días a la semana incurriendo en determinados horarios en excesos de oferta de prestación del servicio lo cual genera ineficiencias, resultando antieconómico para la organización brindar ellas mismas la prestación del servicio. Un típico caso podría darse en una tarjeta de crédito que necesita tener un centro de acuerdos telefónicos donde se atiendan los llamados generados por la necesidad de un comercio adherido de solicitar autorización para una venta con tarjeta de crédito que tenga el margen de compra cubierto. Podría ser el caso de una estación de servicios que quiera efectuar una venta a las 3 de la mañana, aunque sea solo esa llamada nos obliga a tener al menos un operador de guardia, ahora si la tarjeta de crédito tiene alcance regional, sería eficiente tener un operador de guardia por cada región donde se brinde el servicio? Que pasaría si esas posibles llamadas se derivan a un solo *call center*?

Una alternativa posible es contratar a una empresa especialista en dar servicios de *call center*, o bien concentrar el tráfico de llamados en un solo *call center*.

Lo que voy a analizar es como se generan sinergias en un *call center* que recibe llamadas de diferentes campañas y/o de diferentes regiones y que las mismas sean capaces de ser atendidas por un mismo grupo de operadores, en vez de que cada campaña o región geográfica tenga su grupo de operadores que atienden esos llamados.

## **Conceptualización del modelo**

Se puede asumir que el sistema de interés está formado por un conjunto de personas que llaman a un *call center* y otro conjunto que son los operadores que atienden sus llamados telefónicos.

Aunque ambos conjuntos se ubican en lugares físicos diferentes utilizan las mismas líneas, por lo que los llamados están ordenados en una secuencia definida, formando una sola cola imaginaria de acuerdo con el momento en que solicitaron su servicio (es decir llamaron por teléfono a un número definido previamente con la expectativa de ser atendidos). A este tipo de secuencia para atender a los llamados se le conoce como el principio de “la primera que llega es la primera que se atiende” (primeras entradas primeras salidas, PEPS; o por sus siglas en inglés *FIFO*).

Por otro lado, ya que la separación no permite operaciones simultáneas, me refiero a que un operador no puede atender dos llamadas al mismo tiempo sino una a la vez en forma secuencial, podemos entonces asumir para propósitos del modelo, que existe sólo un canal, y cada operador atiende una llamada por vez.

Las ideas anteriores constituyen la base del modelo conceptual del sistema bajo estudio. Puede notar que aunque el modelo conceptual anterior está referido a un *call center*, dicho modelo puede servir para cualquier tipo de prestación de servicios en el que apliquen las suposiciones y condiciones antes mencionadas.

### ***Recolección y procesamiento de datos tomados de la realidad***

Hay una constante interacción entre la construcción del modelo y la recolección de los datos necesarios para su funcionamiento. Los objetivos del estudio establecen en gran medida la clase de datos que deben ser obtenidos. Los mismos pueden ser obtenidos de observaciones de un sistema ya existente, por ejemplo de alguna campaña de *call center* que haya sido coordinada en el pasado.

En el caso de un sistema inexistente los datos deben ser estimados. Mediante estos datos se obtendrán los valores de los parámetros que serán utilizados durante la programación del modelo de simulación. Lo que vamos a utilizar son esos datos de llamadas de campañas similares que ya hayamos coordinado en el pasado y que nos va a servir para estimar el comportamiento de la nueva campaña.

### ***Construcción del modelo en un lenguaje de computadora***

En esta etapa, el modelo conceptual especificado en el paso 2 debe ser codificado en un formato que sea reconocido por una computadora. La formulación de la codificación requiere definir dos aspectos importantes:

- El programa de computación que será utilizado (en este caso elijo utilizar el Excel por ser de fácil disponibilidad y por la sencillez de su uso).
- La información de entrada y las condiciones iniciales.

En la mayoría de los programas de simulación, antes de realizar la codificación, se requiere elaborar un diagrama de flujo que describa la secuencia lógica del movimiento de las transacciones del sistema que se está simulando.

En cuanto a los datos de entrada y las condiciones iniciales, es necesario determinar los valores que se van a asignar a las variables y parámetros del modelo en el momento del inicio, para lo cual es necesario recurrir a los supuestos del modelo conceptual y a métodos de ensayo y error.

### ***Realización de pruebas piloto***

Las pruebas piloto son simulaciones realizadas con el modelo que tienen como finalidad incrementar la experiencia del modelador con la utilización del modelo diseñado y para observar en forma preliminar los resultados de salida del mismo. Estos resultados también sirven para planear varios aspectos de las simulaciones que se harán posteriormente, durante la experimentación con el modelo final.

Por último, estos resultados pueden ser utilizados para ayudar a la validación del modelo de un sistema ya existente.

### ***Validación y verificación del modelo***

Se dice que un modelo es válido si representa adecuadamente al sistema que está siendo modelado. Si el modelo ha sido diseñado para un sistema ya existente, entonces la validación del modelo puede ser evaluada al comparar los resultados de las simulaciones del modelo contra los datos del comportamiento del sistema real. Si los comportamientos del modelo y el sistema real son consistentes, entonces el modelo es válido.

Por otro lado, el propósito de la verificación del modelo es asegurar que el modelo conceptual está reflejado con precisión en su representación computarizada. Se dice que verificar es construir correctamente el modelo, mientras que validar es construir el modelo correcto.

### ***Diseño de los experimentos de simulación***

En este paso se planean los experimentos que se harán mediante el modelo de simulación establecido. Algunos de los aspectos que se deben definir son las condiciones bajo las cuales se realizarán las simulaciones, la duración del tiempo que se desea simular y el número de simulaciones requeridas.

### ***Simulaciones con el modelo***

En este punto se realizan los experimentos establecidos en el paso anterior con el propósito de obtener datos que midan el comportamiento del sistema simulado, considerando las distintas condiciones de interés y obteniendo los datos de salida que necesitamos para la diagramación del servicio.

### ***Análisis de los resultados de las simulaciones***

Este paso implica el análisis estadístico de los resultados provenientes del paso anterior, con el objeto de estimar los valores de las medidas de desempeño que son de interés.

### ***Simulaciones adicionales***

Con base en el análisis del paso anterior, se debe determinar si son necesarias simulaciones adicionales. En caso afirmativo podría requerirse un nuevo diseño del experimento.

### ***Reporte del trabajo***

Los resultados del trabajo deben ser redactados en forma clara y concisa en un reporte final. Esto tiene el propósito de describir todos los aspectos importantes del estudio, incluyendo objetivos, consideraciones para elaborar el modelo conceptual y su transformación en el modelo computacional, criterios utilizados, resultados de los experimentos, recomendaciones establecidas, conclusiones y otros datos pertinentes y sobre todo que sea útil para la toma de decisiones.

## El por qué del desarrollo del modelo

En toda organización se utilizan recursos para conseguir los objetivos que se plantean. La finalidad no solo es conseguir cumplir con los objetivos sino ser eficiente en el modo en que uno los alcanza, de esta manera disminuyen los costos ayudando a aumentar la rentabilidad de la organización.

La utilización eficiente de los recursos es uno de los grandes problemas a los que se enfrentan las empresas al desarrollar sus operaciones, para ello debe cuantificar los recursos que necesita como así también ir planificando las necesidades adicionales por el crecimiento que vayan teniendo.

Hoy en día la calidad de servicios es un factor importante para los clientes al momento de decidir a quien comprarle. El tiempo de espera es una variable importante dentro de la calidad de servicio que una empresa brinda a sus clientes, ya que nadie quiere pasar demasiado tiempo esperando a ser atendido, es por ello que un buen dimensionamiento hace posible la disminución de costos ya sea por encontrar el punto de equilibrio entre perdidas de ventas por clientes insatisfechos por un mal servicio recibido o por el incremento de costos al querer brindar un mejor servicio de manera indefinida.

Las empresas encontraron en el *call center* y en los desarrollos tecnológicos un canal adecuado para brindar una mejor atención. Esto permite que empresas con diferentes volúmenes de transacciones (llamados telefónicos) puedan montar su propio *call center* o bien contratar a alguien que sea capaz de proveer este servicio.

La ventaja de concentrar las operaciones de mas de una campaña en un gran *call center* o bien la de centralizar las operaciones de los *call centers* presentes en varias regiones geográficas en uno solo con capacidad para dar respuesta a todos los llamados, son las economías de escala a las que se pueden acceder al estar mas diversificada la prestación del servicio en mas servidores, además una empresa cuya demanda de servicio sea muy errática a lo largo del tiempo o bien su volumen de operaciones por hora no amerite la contratación exclusiva de un recurso para atender esa demanda puede tercerizar esa prestación en un *call center* que se dedique a dar ese tipo de servicios.

Por medio de la simulación y un caso concreto voy a demostrar la eficiencia que se estaría generando, y por otro lado como dimensionar la fuerza de trabajo que se va a necesitar.

## Análisis del comportamiento de la demanda de llamados

Partimos del supuesto que hay campañas de *call center* que pueden tener comportamiento similar a lo largo del tiempo, por ejemplo para una empresa de tarjeta de crédito que recibe llamados telefónicos de sus comercios adheridos para pedir acuerdos telefónicos es de esperar que la mayor demanda de servicio se dará entre las 10 y las 12 hs, en la semana seguramente los viernes y sábados serán los días de mayor demanda y en el mes de diciembre también se presentara un pico de demanda por el aumento del consumo que se genera por las fiestas de fin de año.

La organización deberá ir guardando los datos del tráfico de llamados que se va generando en las diferentes campañas, para así el día que tenga la necesidad de dimensionar una nueva campaña, lo que va a hacer es buscar en el archivo los datos de una campaña de características similares.

Vamos a empezar analizando como se distribuyen los llamados a lo largo del día, luego a lo largo de la semana y por ultimo a lo largo de los meses para poder dimensionar la cantidad de recursos que necesitara para una campaña determinada.

### Análisis a lo largo del día

Tomamos una campaña similar anterior, evaluamos cuantos llamados ingresaron en cada rango horario, en la columna de al lado calculamos el porcentaje de llamados que tuvo ese rango sobre el total de llamados recibidos en el día, veamos un ejemplo:

Hora	Llamados	% del total
8 a 9	3	0,85
9 a 10	22	6,20
10 a 11	34	9,58
11 a 12	38	10,70
12 a 13	23	6,48
13 a 14	20	5,63
14 a 15	13	3,66
15 a 16	20	5,63
16 a 17	21	5,92
17 a 18	31	8,73
18 a 19	35	9,86
19 a 20	40	11,27
20 a 21	29	8,17
21 a 22	12	3,38
22 a 23	8	2,25
23 a 24	6	1,69

**Tabla 4**

Gráficamente apreciamos como se distribuyen los llamados a lo largo del día:

**Gráfico 5**

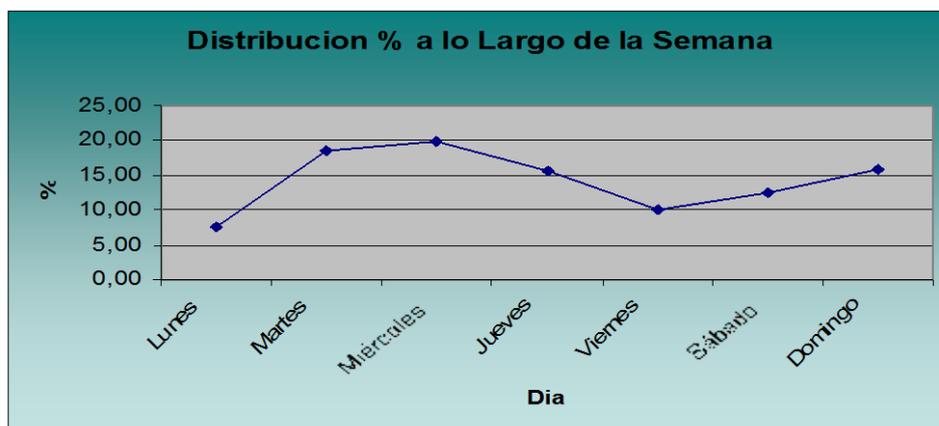
### ***Análisis a lo largo de la semana***

Tomamos la misma campaña, ahora evaluamos como se distribuyen los llamados a lo largo de la semana. Evaluamos cuantos llamados ingresaron cada día, en la columna de al lado calculamos el porcentaje de llamados que tuvo ese día sobre el total de llamados recibidos en toda la semana, veamos un ejemplo:

<b>Día</b>	<b>Llamadas</b>	<b>% del total</b>
Lunes	355	7,66
Martes	858	18,50
Miércoles	924	19,93
Jueves	726	15,66
Viernes	462	9,96
Sábado	578	12,46
Domingo	734	15,83

**Tabla 6**

Gráficamente apreciamos como se distribuyen los llamados a lo largo de la semana:

**Gráfico 7**

### Análisis a lo largo del año

Tomamos la misma campaña, ahora evaluamos como se distribuyeron los llamados a lo largo del año. Evaluamos cuantos llamados ingresaron en total en cada mes, en la columna de al lado calculamos el porcentaje de llamados que tuvo ese mes sobre el total de llamados recibidos en todo el año, veamos un ejemplo:

Mes	Llamados	% del total
Enero	320	5,55
Febrero	390	6,76
Marzo	450	7,80
Abril	420	7,28
Mayo	470	8,15
Junio	520	9,01
Julio	470	8,15
Agosto	500	8,67
Septiembre	490	8,49
Octubre	520	9,01
Noviembre	570	9,88
Diciembre	650	11,27
	<b>5770</b>	<b>100</b>

**Tabla 8**

Gráficamente apreciamos como se distribuyen los llamados a lo largo del año:



**Gráfico 9**

Un aspecto importante a considerar sería la tendencia de crecimiento que viene teniendo la campaña similar año a año, podemos tomar información de los últimos 5 años y evaluar como se vino comportando la demanda de llamados telefónicos y así poder estimar como se podría comportar a futuro. Otro dato de entrada podría ser el comportamiento de la economía, si esta crece es de esperar que el consumo aumente y por ende haya que prever una mayor demanda de llamados solicitando acuerdos telefónicos.

### **Planificación de la prestación del servicio**

De esta manera al querer realizar el dimensionamiento nos damos un idea de cómo se distribuyen las llamadas entrantes a lo largo del día, de la semana y de los meses y nos va a servir como dato de entrada para armar nuestro modelo.

#### **Estimando $\lambda$**

Para planificar la prestación del servicio para dar soporte a una nueva campaña, lo primero que hacemos es estimar la cantidad total de llamados que se van a recibir. Supongamos que montamos un *call center* para atender las llamadas de los clientes de una empresa y se estima que en todo el año se van a recibir 1.000.000 de llamados telefónicos.

Partimos del supuesto que la distribución de los llamados va a tener un comportamiento similar a los datos obtenidos en el punto anterior.

Queremos calcular para el mes de enero cuantos llamados recibiremos, según la tabla 8, en el mes de enero se reciben el 5,55 % de los llamados del año. Calculamos 5,55 % de 1.000.000 = 55.500 llamados

Ahora queremos ver como se van a distribuir esos llamados a lo largo de cada uno de los días de la semana. Enero tiene (31 / 7) semanas = 4,4296 semanas

Divido 55.500 llamados en 4,4296 semanas = 12.532 llamados / semana

Ahora para calcular como se distribuyen esos llamados a lo largo de una semana, tomamos los datos de la tabla 6 y calculamos.

<b>Día</b>	<b>% de llamados de la semana</b>	<b>Llamados</b>
Lunes	7,66	7,66 % x 12.532 = 960
Martes	18,50	18,50% x 12.532 = 2.318
Miércoles	19,93	19,93% x 12.532 = 2.498
Jueves	15,66	15,66% x 12.532 = 1.963
Viernes	9,96	9,96% x 12.532 = 1.248
Sábado	12,46	12,46% x 12.532 = 1.561
Domingo	15,83	15,83% x 12.532 = 1.984

**Tabla 10**

Ahora sabemos que el día lunes estimamos recibir 960 llamados telefónicos, necesitamos saber cuantos llamados se podrían recibir cada hora, denominaremos por convención a este dato como  $\lambda$  (lambda), para saberlo usamos los datos de la tabla 4 y armamos la tabla 11 a continuación.

Hora	%	Llamados
8 a 9	0,85	8
9 a 10	6,20	60
10 a 11	9,58	92
11 a 12	10,70	103
12 a 13	6,48	62
13 a 14	5,63	54
14 a 15	3,66	35
15 a 16	5,63	54
16 a 17	5,92	57
17 a 18	8,73	84
18 a 19	9,86	95
19 a 20	11,27	108
20 a 21	8,17	78
21 a 22	3,38	32
22 a 23	2,25	22
23 a 24	1,69	16
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>960</b>

**Tabla 11**

### Estimando $\mu$

Para saber cuantos operadores por cada franja horaria necesito para dar cobertura al servicio, lo primero que hago es obtener la tasa de servicio de los servidores que denominaremos  $\mu$  ( $\mu$ ), es decir cuantas llamadas telefónicas puede atender cada operador telefónico en el lapso de una hora.

El valor  $\mu$  lo obtenemos realizando una prueba piloto, contando las llamadas que logran atender los operadores en el lapso de una hora, considerando tiempos de saludo, de bienvenida, el desarrollo de la comunicación entre el operador y el cliente, saludo de despedida, pausa de descanso del operador y preparación para recibir la próxima llamada.

Hay casos que es mas fácil estimar la cantidad de llamados que se pueden atender en el lapso de una hora, generalmente se da cuando el mismo cliente ya esta acostumbrado a interactuar con el sistema, en estos casos es mas fácil estimar el tiempo en que el cliente pasa en el servidor, un claro ejemplo de esto seria el caso del centro de acuerdos telefónicos que estamos analizando, donde llaman por teléfono los comerciantes para solicitar un acuerdo telefónico para efectuar una venta con tarjeta de crédito, estos ya saben cuales son los datos que le van a pedir por la interacción diaria que tienen con el sistema, lo que agiliza la tarea del operador. Por el contrario, si la persona que llama no es un cliente habitual, seguramente el tiempo de atención será un poco mayor y deberá ser tenido en cuenta dentro del calculo que estamos realizando.

## Fórmulas

Luego de tener estos dos datos armamos una tabla, pero antes definimos algunas fórmulas<sup>4</sup>:

Servidores =  $s$

Capacidad del sistema =  $s \mu$

Cantidad de clientes promedios en la cola =  $N_q = P(\text{delay}) \rho / (1 - \rho)$

Cantidad de clientes promedios en el sistema =  $N_s = N_q + \lambda / \mu$

Tiempo de espera en cola =  $T_q = N_q / \lambda$

Tiempo de espera en el sistema =  $T_s = T_q + 1 / \mu$

Utilización de la capacidad =  $\rho = \lambda / s \mu$

---

<sup>4</sup>Linda Green and Garrett van Ryzin , 2000, Queueing Management and Models, pag 8.

## Armando los modelos de simulación

### *Modelo de la operación del call center*

Ahora vamos a armar el modelo en una planilla de cálculo de Excel. Como primer paso vamos a armar una tabla de dos columnas, en la primera columna voy a definir el nombre de la celda y en la segunda columna voy a ir indicando que hay que escribir en la celda definida, ya sea texto o fórmula según corresponda. Veamos a continuación la tabla 12.

Celda	Fórmula o título
A1	s
B1	Nq
C1	Ns
D1	Tq
E1	Ts
F1	P(0)
G1	P(delay)
H1	$\rho$
L1	$\lambda / \mu$
M1	$\lambda$
N1	$\mu$
A2	0
A3	1
B3	=SI(H3<1,F3*J19*H3/(1-H3)^2,"infinito")
C3	=SI(H3<1,B3+\$L\$2,"infinito")
D3	=SI(H3<1,B3/\$M\$2,"infinito")
E3	=SI(H3<1,D3+1/\$N\$2,"infinito")
F3	=SI(\$M\$2<A3*\$N\$2;1/(K18+J19/(1-H3));0)
G3	=SI(H3<1;1-F3*K18;1)
H3	=MIN(1,+\$L\$2/A3)
J18	1
J19	=L2
J20	=\$L\$2*J19/A4
K18	1
K19	=K18+J19

**Tabla 12**

Las fórmulas o valores contenidas en las celdas A3, B3, C3, D3, E3, F3, G3, H3, J20, K19 se deberán arrastrar hacia abajo las fórmulas hasta la fila 100, en caso de requerir mas de 98 servidores, se deberá arrastrar tantas filas mas como servidores adicionales.

Veamos un ejemplo en la tabla 13: Calculamos los datos sabiendo por experiencia en una campaña anterior que un operador puede atender 30 llamados en el lapso de una hora, estimamos que de 19 a 20 hs según lo calculado en la tabla 11 ingresarán 108 llamados, vamos a ingresar los datos en el modelo y obtenemos lo siguiente:



s	Nq	Ns	Tq	Ts	P(0)	P(delay)	$\rho$
0							
1	Infinito	Infinito	Infinito	Infinito	0	1	1
2	Infinito	Infinito	Infinito	Infinito	0	1	1
3	Infinito	Infinito	Infinito	Infinito	0	1	1
4	7,089779	10,689779	0,065646	0,098979	0,011256	0,787753	0,90000
5	1,055298	4,655298	0,009771	0,043105	0,022805	0,410394	0,72000
6	0,294849	3,894849	0,002730	0,036063	0,026007	0,196566	0,60000
7	0,091316	3,691316	0,000846	0,034179	0,026941	0,086243	0,514286
8	0,028327	3,628327	0,000262	0,033596	0,027216	0,034622	0,450000
9	0,008488	3,608488	0,000079	0,033412	0,027294	0,012732	0,400000
10	0,002419	3,602419	0,000022	0,033356	0,027316	0,004300	0,360000
11	0,000651	3,600651	0,000006	0,033339	0,027322	0,001339	0,327273
12	0,000165	3,600165	0,000002	0,033335	0,027323	0,000386	0,300000
13	0,000040	3,600040	0,000000	0,033334	0,027324	0,000104	0,276923
14	0,000009	3,600009	0,000000	0,033333	0,027324	0,000026	0,257143
15	0,000002	3,600002	0,000000	0,033333	0,027324	0,000006	0,240000

**Tabla 13**

Si tenemos 4 operadores atendiendo los llamados telefónicos, deducimos de este modelo que:

- Habrá en promedio 7,089779 clientes en la cola.
- Habrá en promedio 10,689779 clientes en el sistema.
- El tiempo de espera en la cola será de 3,93876 minutos (surge de 0,065646 hs x 60 min/hs = 3,93876 min).
- El tiempo dentro del sistema será de 5,93874 min (surge de 0,098979 hs x 60 min/hs = 5,93874 min).
- La probabilidad de que haya 0 clientes en el sistema cuando arriba un cliente sería de 1,1256 % y la probabilidad de que un cliente tenga que esperar para ser atendido será del 78,7753 %
- El % de tiempo de utilización de los servidores (operadores telefónicos en este caso) sería del 90 %

La pregunta sería ahora, que pasaría si agrego un operador adicional, es decir si en vez de asignar a un turno 4 operadores, asigno 5.

- Habrá en promedio 1,055298 clientes en la cola.
- Habrá en promedio 4,655298 clientes en el sistema.
- El tiempo de espera en la cola será de 0,58626 minutos o bien 35,1756 segundos (surge de 0,009771 hs x 60 min/hs = 0,58626 min).
- El tiempo dentro del sistema será de 2,5863 min (surge de 0,043105 hs x 60 min/hs = 2,5863 min).
- La probabilidad de que haya 0 clientes en el sistema cuando arriba un cliente sería de 2,2805 % y la probabilidad de que un cliente tenga que esperar para ser atendido será del 41,0394 %.
- El % de tiempo de utilización de los servidores (operadores telefónicos en este caso) sería del 72 %.

Podemos ir sacando algunas conclusiones, a mayor número de servidores, la cantidad de llamados en cola de espera y dentro del sistema disminuye, lo mismo pasa con el tiempo de espera en la cola y el tiempo dentro del sistema, el % de tiempo de utilización de los servidores disminuye.

A simple viste uno estaría tentado a aumentar el numero de servidores a fin de dar un mejor servicio, el tema esta en que cada servidor adicional que se suma al servicio representa un costo adicional para la empresa, por ejemplo el salario y los costos de capacitación del empleado que atiende los llamados.

El paso siguiente es definir el nivel de servicio que queremos entregar a los clientes, esto va a depender del tiempo de espera que estaría dispuesto a esperar el cliente a ser atendido, acá entra en juego la percepción del servicio que va a tener el mismo, si este necesita llamar todos los días al *call center* estará menos dispuesto a esperar que si tiene que llamar una vez por mes, por ejemplo definimos que los clientes no esperen más de 15 segundos para ser atendidos. Tenemos que calcular para cada  $\lambda$  de la tabla 10 cuantos operadores necesitaremos para dar soporte a la prestación del servicio. Ver tabla 14.

Hora	Llamados	Operadores	% Utilización
8 a 9	8	2	13,33
9 a 10	60	4	50,00
10 a 11	92	6	51,11
11 a 12	103	6	57,22
12 a 13	62	4	51,67
13 a 14	54	4	45,00
14 a 15	35	3	38,89
15 a 16	54	4	45,00
16 a 17	57	4	47,50
17 a 18	84	5	56,00
18 a 19	95	6	52,78
19 a 20	108	6	60,00
20 a 21	78	5	52,00
21 a 22	32	3	35,56
22 a 23	22	3	24,44
23 a 24	16	2	26,67
<b>Total</b>	<b>960</b>		

**Tabla 14**

Como podemos apreciar el % de utilización de los servidores es dispar, y en momentos del día como de 8 a 9, de 22 a 23 y de 23 a 24 la utilización es muy baja, haciendo ineficiente el aprovechamiento de los recursos. Es por este motivo que proponemos agrupar campañas (sumar la demanda lineal de llamados telefónicos para cada lapso) de manera tal de armar un *call center* con mas operadores y que estos estén capacitados para atender esas campañas adicionales. Esto seguramente aumentara los costos de capacitación, pero se verán ampliamente cubiertos por la eficiencia ganada al aumentar el % de utilización de los servidores, además se podría usar como

herramienta de retención de los operadores el hecho de armar un esquema de incentivos para grupos de operadores que sean capaces de atender mas de una campaña.

### **Modelo de asignación de los recursos**

Ya tenemos la cantidad de operadores que vamos a necesitar para cada lapso de una hora (tabla 14), como podemos apreciar la necesidad varia turno a turno, el problema al que nos enfrentamos es que no podemos decirle al operador que venga a trabajar una o dos horas, se vaya y vuelva mas tarde cuando lo necesitemos.

Lo que voy a hacer ahora es armar un modelo que permita eficientizar el uso de recursos, para saber cuantos operadores tienen que trabajar en cada turno, teniendo en cuenta que pueden ser contratados por turnos de 6 horas o bien 4 horas de acuerdo a nuestra necesidad, es decir vamos a tener operadores que trabajaran 6 horas y otros 4 horas, luego de cumplidas las horas acordadas se retiran de su puesto de trabajo. Por ejemplo, los operadores que trabajen 6 horas e ingresen a las 8 hs se van a retirar a las 14 hs y los que trabajan 4 horas, si ingresen a las 9 hs se van a retirar a las 13 hs.

Seguramente nos encontraremos con el problema de que en determinados horarios tendremos mas operadores de los que realmente nos hace falta para un determinado nivel de servicio a ofrecer, el modelo nos va a ayudar a minimizar la cantidad de horas operadores totales de tal manera de cumplir con el mínimo operadores definidos en cada lapso horario para hacer frente a la demanda de llamados con el nivel de servicio previsto. Ver tabla 15.

<b>Celda</b>	<b>Fórmula o titulo</b>
A1	Hora Entrada
B1 y M1	8 Hs
C1 y N1	9 Hs
D1 y O1	10 Hs
E1 y P1	11 Hs
F1 y Q1	12 Hs
G1 y R1	13 Hs
H1 y S1	14 Hs
I1 y T1	15 Hs
J1 y U1	16 Hs
K1 y V1	17 Hs
L1 y W1	18 Hs
X1	19 Hs
Y1	20 Hs
B2:Y2	0
Z2	Total por hora
A3 y B22	8 a 9
A4 y B23	9 a 10

A5 y B24	10 a 11
A6 y B25	11 a 12
A7 y B26	12 a 13
A8 y B27	13 a 14
A9 y B28	14 a 15
A10 y B29	15 a 16
A11 y B30	16 a 17
A12 y B31	17 a 18
A13 y B32	18 a 19
A14 y B33	19 a 20
A15 y B34	20 a 21
A16 y B35	21 a 22
A17 y B36	22 a 23
A18 y B37	23 a 24
B3:B8	=\$B\$2
C4:C9	=\$C\$2
D5:D10	=\$D\$2
E6:E11	=\$E\$2
F7:F12	=\$F\$2
G8:G13	=\$G\$2
H9:H14	=\$H\$2
I10:I15	=\$I\$2
J11:J16	=\$J\$2
K12:K17	=\$K\$2
L13:L18	=\$L\$2
Z3	=SUMA(B3:Y3)
Z4	=SUMA(B4:Y4)
Z5	=SUMA(B5:Y5)
Z6	=SUMA(B6:Y6)
Z7	=SUMA(B7:Y7)
Z8	=SUMA(B8:Y8)
Z9	=SUMA(B9:Y9)
Z10	=SUMA(B10:Y10)
Z11	=SUMA(B11:Y11)
Z12	=SUMA(B12:Y12)
Z13	=SUMA(B13:Y13)
Z14	=SUMA(B14:Y14)
Z15	=SUMA(B15:Y15)
Z16	=SUMA(B16:Y16)
Z17	=SUMA(B17:Y17)
Z18	=SUMA(B18:Y18)
Z19	=SUMA(Z3:Z18)
M3:M6	=\$M\$2
N4:N7	=\$N\$2
O5:O8	=\$O\$2
P6:P9	=\$P\$2
Q7:Q10	=\$Q\$2
R8:R11	=\$R\$2

S9:S12	=\$\$2
T10:T13	=\$T2
U11:U14	=\$U2
V12:V15	=\$V2
W13:W16	=\$W2
X14:X17	=\$X2
Y15:Y18	=\$Y2
A21	Requerimiento
B21	Lapso
A22	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 8 a 9
A23	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 9 a 10
A24	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 10 a 11
A25	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 11 a 12
A26	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 12 a 13
A27	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 13 a 14
A28	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 14 a 15
A29	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 15 a 16
A30	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 16 a 17
A31	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 17 a 18
A32	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 18 a 19
A33	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 19 a 20
A34	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 20 a 21
A35	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 21 a 22
A36	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 22 a 23
A37	Ingresar la cantidad de operadores necesarias de 23 a 24

**Tabla 15**

Luego de armar la planilla e ingresando la cantidad de operadores necesarios en cada lapso horario, obtenemos la figura 16:

Hora Entrada	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total por Hora	
8 a 9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9 a 10	0	0										0	0													0
10 a 11	0	0	0									0	0	0												0
11 a 12	0	0	0	0								0	0	0	0											0
12 a 13	0	0	0	0	0							0	0	0	0											0
13 a 14	0	0	0	0	0	0						0	0	0	0											0
14 a 15		0	0	0	0	0	0							0	0	0	0									0
15 a 16			0	0	0	0	0	0							0	0	0	0								0
16 a 17				0	0	0	0	0	0							0	0	0	0							0
17 a 18					0	0	0	0	0	0							0	0	0	0						0
18 a 19						0	0	0	0	0	0							0	0	0	0					0
19 a 20							0	0	0	0	0								0	0	0	0				0
20 a 21								0	0	0	0										0	0	0	0		0
21 a 22									0	0	0											0	0	0		0
22 a 23										0	0												0	0		0
23 a 24											0													0		0
<b>Total</b>																							<b>0</b>			

**Figura 16**

La tabla de requerimiento me quedaría según tabla 17:

Requerimiento	Lapso
2	8 a 9
4	9 a 10
6	10 a 11
6	11 a 12
4	12 a 13
4	13 a 14
3	14 a 15
4	15 a 16
4	16 a 17
5	17 a 18
6	18 a 19
6	19 a 20
5	20 a 21
3	21 a 22
3	22 a 23
2	23 a 24

**Tabla 17**

En el menú herramientas, seleccionamos la opción solver. En el campo celda objetivo hay que cargar \$Z\$19, en valor de la celda objetivo marcar la opción mínimo y por ultimo en el campo sujetas a las siguientes restricciones hay que cargar lo siguiente:

\$B\$2:\$Y\$2=integer  
 \$Z\$3:\$Z\$18 >= \$A\$22:\$A\$37

Luego hay apretar la tecla resolver. Ver figura 18.



**Figura 18**

Obtenemos lo siguiente:

Hora Entrada	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total por Hora
8 a 9	0	2	0	0	0	0	1	2	0	1	2	2	0	2
9 a 10	0	2												4
10 a 11	0	2	0											6
11 a 12	0	2	0	0										6
12 a 13	0	2	0	0	0									4
13 a 14	0	2	0	0	0	0								4
14 a 15		2	0	0	0	0	1							3
15 a 16			0	0	0	0	1	2						4
16 a 17				0	0	0	1	2	0					4
17 a 18					0	0	1	2	0	1				5
18 a 19						0	1	2	0	1	2			7
19 a 20								1	2	0	1	2		6
20 a 21									2	0	1	2		5
21 a 22										0	1	2		3
22 a 23											1	2		3
23 a 24													2	2
														<b>Total</b>
														<b>68</b>

**Figura 19**

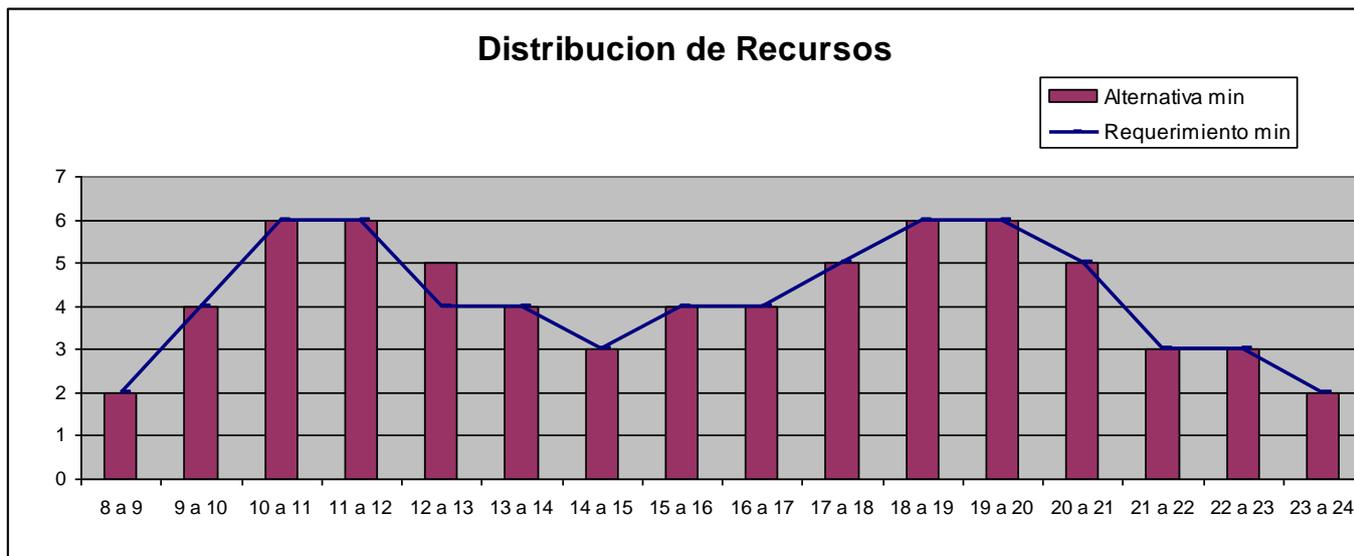
Veamos primero el turno de 6 horas. A las 9 hs. ingresan a su puesto de trabajo dos personas que permanecerán hasta las 15 hs. A las 14 hs. ingresa una persona que permanece en su puesto hasta las 20 hs, a las 15 hs. ingresan dos personas que permanecerán hasta las 21 hs, a las 17 hs. ingresa una persona que permanecerá hasta las 23 hs. y por ultimo a las 18 hs. ingresan dos personas que permanecen hasta las 24 hs.

Ahora vamos a las personas que trabajan un turno de 4 horas. A las 8 hs. Ingresan dos personas que permanecerán hasta las 12 hs, a las 10 hs. ingresan otras dos personas y permanecerán hasta las 14 hs, a las 15 hs. Ingresan una persona mas que se queda hasta las 19 hs.

Si sumamos la cantidad de horas necesarias para la prestación del servicio, la mismas van a ser menores a la solución optima debido a las restricciones que planteamos, es decir que tenemos por un lado la posibilidad de contratar operadores por 6 hs. continuadas en su puesto de trabajo y por otro lado operadores que trabajen 4 hs. también continuadas. Seria mas eficiente (necesitaríamos menos horas) si le podemos decir al operador que esas 6 hs. o 4 hs. según corresponda las trabaje en los momentos que necesitamos, pero no seria algo factible debido a la incomodidad que estaríamos sometiendo al trabajador de cortarle la jornada laboral.

Si sumamos las horas totales que necesitamos contratar nos da 67 hs, el modelo nos da como dato de salida que en total vamos a necesitar 68 hs. por la restricción de las 6 hs. y las 4 hs. continuadas, si bien esto va a redundar en un nivel de servicio mayor en los horarios que haya mas operadores de los que esperábamos tener, también va a ser un costo mayor en el que hay que incurrir. El modelo nos ayuda a encontrar la solución óptima dada las restricciones que tenemos.

En el gráfico 20 podemos apreciar donde se genera esa hora adicional que tenemos que incurrir debido a las restricciones antes mencionadas.



### Gráfico 20

En este gráfico podemos observar que de 12 a 13 hs. necesitamos tener 4 operadores para dar un nivel de servicio de acuerdo a lo programado, sin embargo por las restricciones a las que nos enfrentamos, nos vemos obligados a contratar 5 operadores, lo cual evidentemente nos ayuda a dar un mejor servicio a los clientes, pero resulta mas caro para la empresa.

## Centralización de llamados de más de una campaña

Sigamos con nuestro modelo y analicemos la eficiencia que ganaríamos al centralizar en un solo *call center* la operación de varios *call centers* más pequeños.

Presentamos a continuación un caso de 4 *call centers*, donde cada uno de ellos tienen un tráfico de llamados similar a los datos de la tabla 11. Ya tenemos analizado cuantos operadores necesitaríamos contratar para cada rango horario para dar un servicio de respuesta de menos de 15 segundos de espera en la cola. Notar en la tabla 21 que a  $\lambda$  y a  $s$  se lo multiplica por 4 ya que queremos calcular cuantas llamadas ingresarían a los *call centers* en total tomando la suma lineal de las demandas individuales de cada uno y cuantos recursos se están contratando para hacer frente a esa demanda. En la ultima columna de la tabla 21 esta el % de ocupación de los servidores en cada rango horario y en cada uno de los *call centers*.

	Sumando la de demanda de la de demanda de los 4 <i>Call Centers</i>		
	$\lambda \times 4$	$S \times 4$	$\rho$
8 a 9	32	8	13,33 %
9 a 10	240	16	50 %
10 a 11	368	24	51,11 %
11 a 12	412	24	57,22 %
12 a 13	248	16	51,67 %
13 a 14	216	16	45,00 %
14 a 15	140	12	38,89 %
15 a 16	216	16	45,00 %
16 a 17	228	16	47,50 %
17 a 18	336	20	56,00 %
18 a 19	380	24	52,78 %
19 a 20	432	24	60,00 %
20 a 21	312	20	52,00 %
21 a 22	128	12	35,56 %
22 a 23	88	12	24,44 %
23 a 24	64	8	26,67 %
<b>Total</b>	<b>3.840</b>	<b>268</b>	

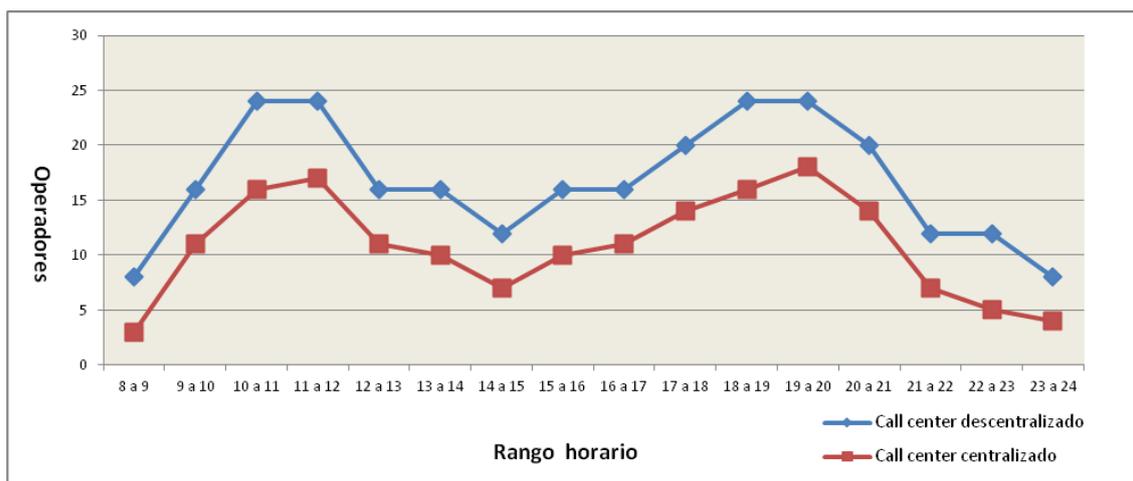
**Tabla 21**

Veamos en la tabla 22 que pasaría si capacitamos a un grupo de operadores de manera tal que puedan atender cualquiera de los llamadas provenientes de cualquiera de los cuatro *call centers*.

	Un solo <i>call center</i> que atienda la demanda de las cuatro regiones		
	$\lambda$	$s$	$\rho$
8 a 9	32	3	35,56 %
9 a 10	240	11	72,73 %
10 a 11	368	16	76,67 %
11 a 12	412	17	80,78 %
12 a 13	248	11	75,15 %
13 a 14	216	10	72,00 %
14 a 15	140	7	66,67 %
15 a 16	216	10	72,00 %
16 a 17	228	11	69,09 %
17 a 18	336	14	80,00 %
18 a 19	380	16	79,17 %
19 a 20	432	18	80,00 %
20 a 21	312	14	74,29 %
21 a 22	128	7	60,95 %
22 a 23	88	5	58,67 %
23 a 24	64	4	53,33 %
<b>Total</b>	<b>3.840</b>	<b>174</b>	

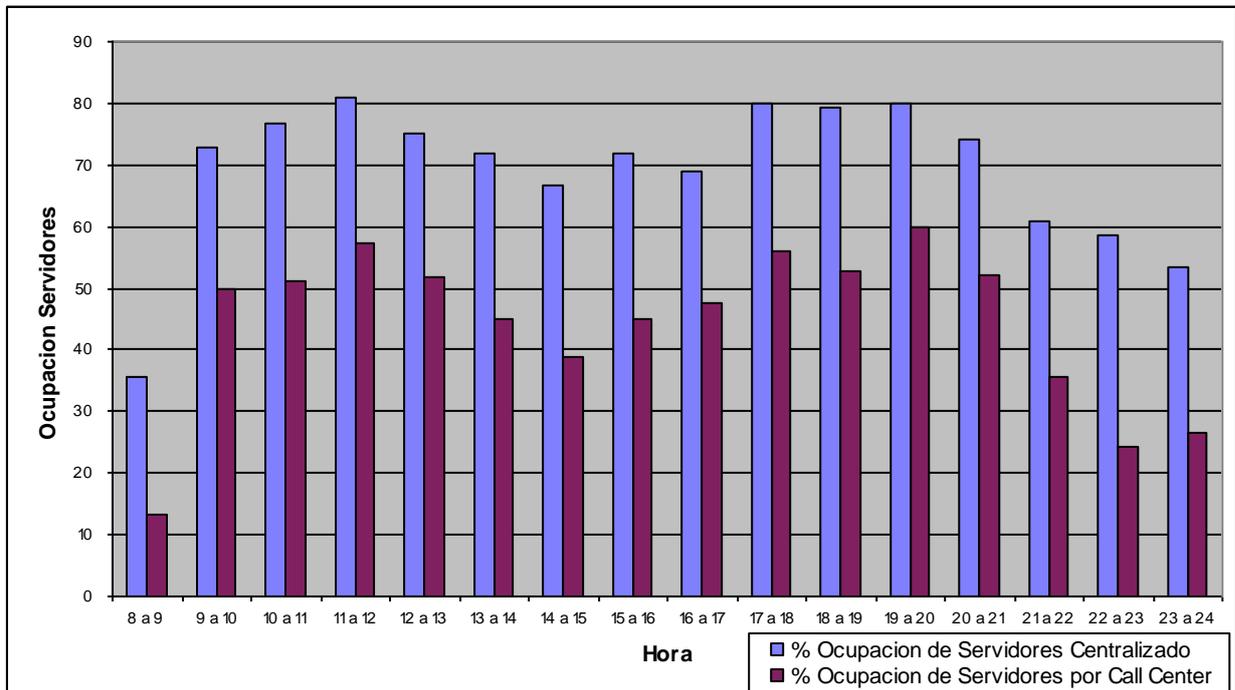
**Tabla 22**

Podemos apreciar en el gráfico 23 cuantos operadores necesitaríamos en cada rango horario para hacer frente a la demanda de llamados telefónicos, dependiendo de cómo se diagrama el servicio, ya sea centralizando o no.



**Gráfico 23**

En el gráfico 24 podemos apreciar el porcentaje de utilización de los servidores disponibles dependiendo de cómo se diagrama el servicio, ya sea centralizando o no.



**Gráfico 24**

## Conclusiones

Los costos en lo que incurre un *call center* en recursos humanos representan entre el 60 y el 70 % de los gastos operativos totales, de aquí se desprende la importancia de hacer un adecuado dimensionamiento de la fuerza laboral necesaria para la prestación del servicio de manera eficiente.

Como podemos apreciar, la centralización del tráfico generado a los *call centers* de varias regiones en uno solo que brinde servicio a todos los clientes que llaman, esta generando valor al ser mas eficiente en su operación.

En el caso que vimos (tabla 21 y 22) la centralización nos permite un ahorro de 94 hs. hombres de trabajo (surge de  $268 - 174 = 94$ ). Ver gráfico 23. Este análisis se puede hacer tanto para *call center* de una misma campaña que están distribuidos en diferentes regiones geográficas o bien para *call centers* que manejan cada uno una campaña diferente y se decide centralizar toda la operación en un solo *call center*. En este último caso estamos obligados a tener operadores mas calificados, que puedan atender las campañas que se le asignen.

Parte del ahorro generado en salarios puede servir para pagar un *plus* a los operadores por las mayores habilidades que tendrían que tener ya que necesitamos que sean capaces de atender el requerimiento de cualquiera de las llamadas de las campañas que les tocara atender. Al trabajar de esta forma el uso de los servidores es mas eficiente, debido a que los recursos son utilizados una mayor fracción del tiempo en que están disponibles (ver gráfico 24).

Esto además de generar eficiencias para el *call center* se puede convertir en una herramienta que nos permita disminuir la tasa de rotación del personal al brindarles un trabajo no tan rutinario, más exigente, mejor retribuido y que lo ayude a desarrollar más habilidades.

## Bibliografía

Roger Schroeder, 1992, Administración de operaciones, tercera edición.

Rafael Lahoz-Beltra, 2004, Bioinformática Simulación, vida artificial e inteligencia artificial.

Anderson, Sweeney y Williams, 2006, Métodos cuantitativos para los negocios.

Ángel León González Ariza, 2003, Manual de investigación de operaciones.

Linda Green and Garrett van Ryzin, 2000, Queueing Managemen and Models.