

Las empresas de prestación de servicios y la determinación de su capacidad de operaciones

Service provider companies and the determination of their operations capability

JAVIER ARTURO ORJUELA

Ingeniero Industrial y especialista en Ingeniería de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; Ingeniero de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia; candidato a magíster en Investigación de Operaciones y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira y estudios doctorales en Ingeniería. Docente de la Universidad Distrital Francisco José Caldas, adscrito a la Facultad de Ingeniería y catedrático de la Universidad Católica de Colombia. Director del grupo de Investigación en Gestión Empresarial (GIGE).

jorjuela@udistrital.edu.co

ISAAC HUERTAS

Estadístico de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Investigación de Operaciones y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira. Catedrático de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y de la Universidad Católica de Colombia.

Fecha de recepción: abril 16 de 2004.

Clasificación del artículo: Revisión.

Fecha de aceptación: junio 30 de 2004

Palabras clave: servicios, capacidad de operaciones, modelos de planeación

Key words: services, production capacity, planning models

RESUMEN

En este artículo se realiza un recorrido conceptual acerca de los servicios y el análisis de sus capacidades. Se estudian el concepto y los tipos de capacidad, las diferencias entre capacidad en las áreas de servicios y manufactura, y los conceptos de modelo, sistema y su clasificación. Asimismo se destacan los conceptos de análisis, planeación, programación y control, como aspectos básicos para la construcción de un modelo que permita estudiar y establecer las capacidades operativas en empresas oferentes de servicios.

ABSTRACT

In this article a conceptual journey is carried out about the services and analysis of its capacities. The concept and types of capacity are studied, as well as the differences between capacity in the services and manufacture and the concepts of model, system and their classification. The analysis, planning, programming and control concepts are highlighted as basic aspects for the constructions of a model that permits the study and establishment of the operative capacities in companies that offer services.

1. Introducción

El aumento del nivel de vida en los países ha producido un cambio en las pautas de consumo, en detrimento de la fabricación y a favor de los servicios (Rodríguez, 1995). El mayor uso de la tecnología y la disminución de la cantidad de mano de obra en las operaciones de fabricación han creado una inclinación hacia el mercado de servicios; así, la aparición de diversas organizaciones privadas y públicas para proporcionar servicios a la población en crecimiento es uno de los hechos más relevantes de las economías actuales.

Los servicios cubren una realidad diversa; sus características específicas son determinantes para el diseño y análisis de las empresas que los proveen, especialmente en lo referente a planeación de capacidades de producción. La evolución y ampliación de la diversidad sectorial en las últimas dos décadas hacen que su actividad merezca un análisis cuidadoso en cuanto a su composición y características.

En este artículo se realiza un recorrido conceptual acerca de los servicios y el análisis de sus capacidades. Se estudian el concepto y tipos de capacidad, las diferencias entre el cálculo de capacidades de servicios y de manufactura, los conceptos y clasificación de modelos y sistemas, y los aspectos básicos de análisis, planeación, programación y control que harán posible la construcción de un modelo que permita estudiar y establecer las capacidades operativas en servicios.

2. Evolución del sector de prestación de servicios

Uno de los hechos más evidentes en las sociedades desarrolladas es la consolidación de la economía de servicios (Gaither y Frazier Grez, 2000); paradójicamente las naciones más avanzadas, también llamadas industrializadas, hoy son naciones basadas en servicios; el proceso es llamado de tercerización de las economías. El crecimiento de los servicios y la transformación de la economía se constituyen entonces en la evidencia que permite identificar las sociedades llamadas “postindustriales”. El progreso económico se manifiesta a través de la transferencia de mano de obra de la agricultura a la industria, y de ésta a los servicios.

Entre los países de mayor adelanto en cuanto a prestación de servicios se encuentran Estados Unidos, Reino Unido y Canadá; entre los más atrasados pueden citarse Irlanda, Portugal y Grecia. Alemania, Japón, España e Italia muestran porcentajes relativamente bajos de empleo en el campo de los servicios, mientras en Francia se registran porcentajes muy altos (WTO, 1998). También se ha observado cómo, en algunos períodos, el crecimiento de los servicios en los países en desarrollo ha sido muy superior al registrado en los países desarrollados.

Los servicios han aumentado gradualmente su participación, pasando del 33% del consumo personal en 1947 al 47% en 1980. Su ascenso ha sido lineal, hasta llegar al 68% en 1994, aunque en los diez últimos años el crecimiento haya sido menor respecto al de anteriores décadas (OCDE, 1996). Los países líderes en servicios son Estados Unidos y la Unión Europea, si bien se hace sentir cada vez más la presencia de Japón (WTO, 1998). La importancia del

sector, que representa alrededor del 70% del PIB, ha sido puesta en evidencia en diversos análisis de productividad en Estados Unidos y la Unión Europea.

Los sectores proveedores de servicios crecieron 31,8% entre 1980 y 1994 (Schvarzer, J., 2001); un tercio de este aumento se explica por la expansión de los servicios financieros; otro tercio, por el avance de los llamados servicios comunales, y el resto, por los rubros de comercio y transporte. La expansión del sector financiero entre 1980 y 1994 (41,4%) es superior a la de cualquier otro; su ritmo de crecimiento ha hecho que llegue a representar casi la sexta parte del PIB global (15,8%) (OMC, 2002), constituyéndose en el sector más dinámico y de mayor presencia mundial, y explicando por sí solo más de un tercio del crecimiento total del sector.

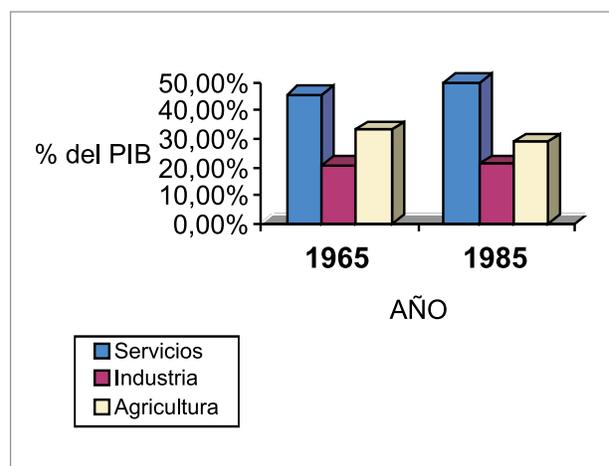


Figura 1. Colombia. Participación de los sectores económicos en el PIB nacional

Fuente: Ángela Niño, Grupo GIGE, documento de trabajo¹.

En Colombia, la participación del sector de los servicios en el PIB creció del 45,8% en 1965 al 49,9% en 1985, como se observa en la figura 1 (DANE, 2000). Así, es posible que en los próximos años, la acción de la revolución tecnológica y el desarrollo de la informática y las comunicaciones generen crecimiento acelerado del sector, como ha sucedido en los países industrializados.

Al descomponer el PIB nacional en el año 2002 por ramas de actividad, se observa que los servicios de reparación, restaurantes y hoteles tuvieron una variación positiva de 1,49%; transporte, almacenamiento y

¹ Documento desarrollado en el marco del proyecto “Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de capacidades operativas en empresas de servicio”, dirigido por el autor.

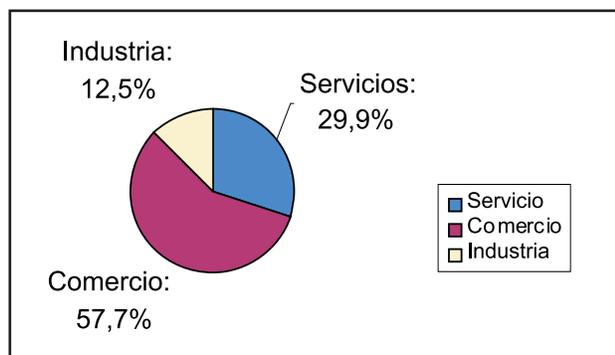


Figura 2. Colombia. Participación de los microestablecimientos por sector económico, año 2000

Fuente: Propuesta de los autores con base en DANE

comunicaciones, 3,43%; establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a empresas, 2,35%, y servicios sociales y personales, 0,90% (DANE, 2002).

De acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional de Microestablecimientos realizada en el año 2000, en el país existían 967.315 establecimientos con diez o menos personas ocupadas. En la figura 2 se observa que el 29,9% correspondía a prestación de servicios (DANE, 2000); de los microestablecimientos existentes en el país, el 45% estaba dedicado a la prestación de servicios de alojamiento, restaurante y al expendio de bebidas alcohólicas; el 25,6% a actividades de esparcimiento, cultura y similares; el 19,8% a prestación de servicios de lavandería, peluquería y otros servicios para los hogares, y el restante 9,7% a servicios de educación y salud (véase figura 3).

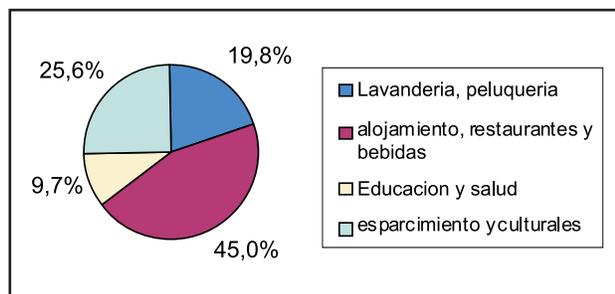


Figura 3. Colombia. Participación de microestablecimientos por actividad económica, año 2000

Fuente: Propuesta de los autores con base en DANE, Encuesta Nacional de Micro establecimientos de comercio.

La tendencia de crecimiento del empleo en el sector de los servicios se evidencia en la figura 4 (Urrutia, 1990); en 1964, la fuerza de trabajo en este sector era del 31,7%; en 1973, del 41,6%, y en el año 2000, de acuerdo con estadísticas del DANE, ascendió al 59,5%. Las cifras permiten apreciar su dinámica.

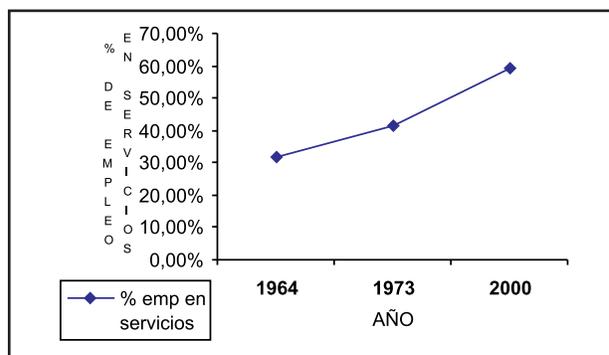


Figura 4. Colombia. % de empleo en el sector de los servicios

Fuente: propuesta de los autores

Tabla 1. Colombia. Variación porcentual anual por ramas de actividad del sector de servicios

Año	Año		
	2002-I / 2001-I	2002-II / 2001-II	2002-III / 2001-III
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	0,10	-0,20	2,84
Transporte, almacenamiento y comunicación	2,62	4,19	3,32
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	-0,47	3,34	1,29
Servicios sociales, comunales y personales	0,69	2,28	1,08
Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente	-10,6	4,67	-10,78

Fuente: DANE

Los datos de la tabla 1 permiten afirmar que en el año 2002 los servicios de reparación, restaurantes y hoteles tuvieron una variación promedio del 1,49%; transporte, almacenamiento y comunicaciones, 3,43%; establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas, 2,35%; servicios sociales y personales, 0,90%. En la tabla 2 se presenta el crecimiento del PIB, según ramas de actividad económica en el período 2000-2002.

Tabla 2. Colombia. Crecimiento del PIB según ramas de actividad económica, período 2000-2002

Ramas de actividad	2000	2001	2002
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	7,34	2,27	1,49
Transporte, almacenamiento y comunicación	1,53	433	3,43
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	-0,98	-0,60	2,35
Servicios sociales, comunales y personales	0,59	1,66	0,90
Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente	-15,13	-5,51	-0,08

Fuente: DANE.

3. Conceptos básicos en sistemas de prestación de servicios

Los servicios pueden definirse como todo producto, tarea o función, esencialmente intangible (Kotler, 1993) que incluye interacciones personales con los clientes, siendo su objeto principal proporcionar la satisfacción de necesidades de los consumidores (Stanton, 2000); su producción puede vincularse o no a un producto físico (Krajewski, 2000).

El servicio “es aquella actividad que relaciona la empresa con el cliente, a fin de que éste quede satisfecho con dicha actividad” (Chase et al, 2002); esta función debe diseñarse, desempeñarse y comunicarse teniendo en mente dos objetivos: la satisfacción del cliente y la eficiencia operacional (Goldfeder, 1998; Reyes P., 1980; Sánchez, 1976; Steiner, 1969; Zelenovic, 1990).

Los servicios se caracterizan principalmente por las características de: *inseparabilidad* (no pueden separarse de la persona y del vendedor); *heterogeneidad* (con frecuencia es difícil lograr estandarización en su producción), *percibibilidad* (son susceptibles de perecer y no se pueden almacenar), *falta de propiedad* (diferencia básica con los productos); *simultaneidad* y, particularmente, por la *fácil adaptación a cambios y complejidad* (Kotler, 1995; Lovelock, 1997; Peel, 1999; Stanton, 2000).

Las empresas prestadoras de servicios presentan ciertas características específicas, tales como la imposibilidad de almacenar su oferta, la naturaleza aleatoria e irregular de la demanda, la frecuencia con la cual el equipo va al cliente (Rodríguez M. 1995), la intangibilidad de sus resultados, el amplio contacto con el cliente, los cortos tiempos de entrega, sus sistemas de producción intensivos en mano de obra y la subjetividad en la determinación de su nivel de calidad. Estas características dificultan el ajuste del flujo de clientes y el cálculo de su capacidad; por tanto se hace necesario establecer como estrategias el diseño, la determinación y el mantenimiento de la capacidad de prestación de servicios, en concordancia con la demanda.

En las etapas de diseño y desarrollo de servicios pueden considerarse tres dimensiones: su grado de estandarización, el grado de contacto con el cliente durante la ejecución, y la eventual mezcla de bienes físicos durante el proceso

de prestación del servicio. La integración de estas dimensiones en el diseño final determina su probabilidad de éxito (Gaither y Frazier, 2000).

El proceso de generación de un servicio tiene las características presentadas en la tabla 3.

Tabla 3. Características del proceso de generación de un servicio

ESQUEMA	CARACTERISTICAS
Cuasi manufactura	La producción de bienes ocurre sobre una línea de producción, prácticamente sin participación del cliente en el proceso
Cliente como participante	Elevado grado de participación del cliente en el proceso de generación de servicio
Cliente como producto	<ul style="list-style-type: none"> • El servicio se da a través de una atención personal al cliente • Es importante la percepción de una elevada calidad

Fuente: Norman Gaither & Greg Frazier, 2000. Administración de producción y operaciones. México, Internacional Thomson Ed.

Conocer la clasificación de los servicios también es determinante en el proceso de diseño y en la definición de estrategias de ejecución. En la figura 5 se muestran las interacciones entre un conjunto de elementos que permiten la generación de estrategias competitivas en la prestación de servicios.

De acuerdo con las características de los servicios y su heterogeneidad, éstos pueden clasificarse en cuatro categorías: a) *servicios personales pasivos*: requieren el

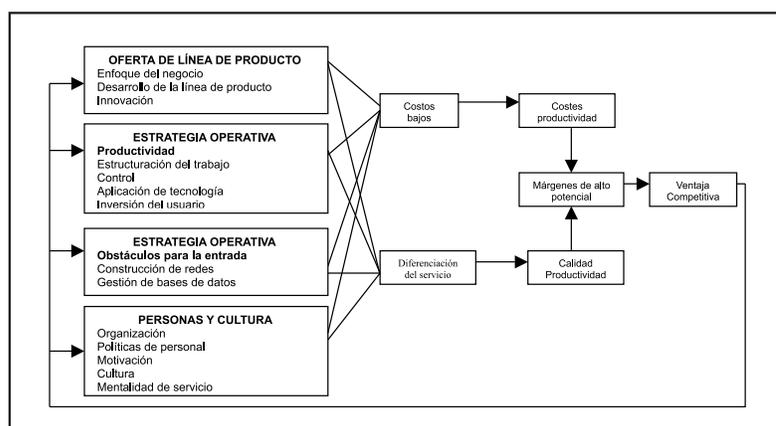


Figura 5. La gestión en las empresas de servicios

Fuente: Heskett James, 1986. Adaptación Grupo GIGE¹, documento de trabajo.

¹ Grupo de Investigación en Gestión Empresarial, Universidad Católica de Colombia. Adaptación de Ángela Niño.

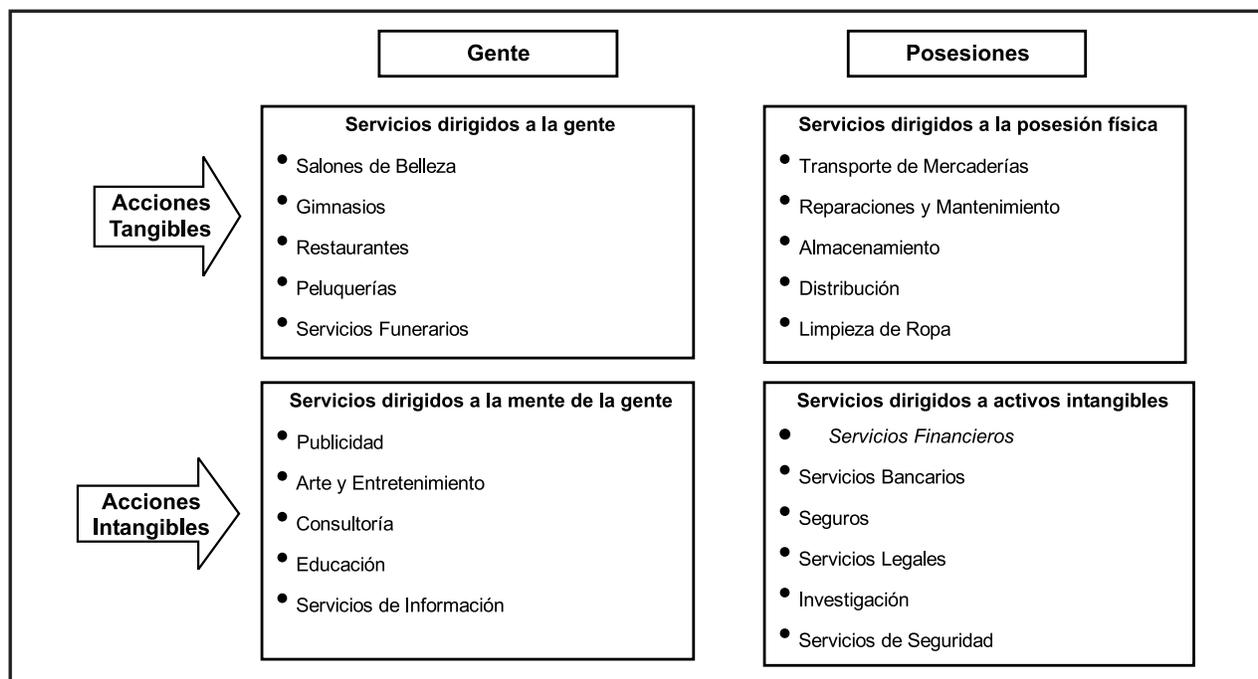


Figura 6. Clasificación de los servicios
Fuente: Niño Ángela, Grupo GIGE, documento de trabajo, op. cit.

establecimiento de un contacto directo entre el cliente y el prestador del servicio; b) *servicios personales sustituibles*; c) *servicios progresivos*: cuentan con dos componentes, uno demandante de poco trabajo humano y otro intensivo en él; d) *servicios explosivos*: no demandan ningún contacto entre los clientes y el personal que los presta (Buffa, 1984).

Con base en su grado de posesión e intangibilidad, los servicios pueden ser clasificados como se muestra en la figura 6.

El sector económico de prestación de servicios puede dividirse en 18 subsectores, de acuerdo con la clase de servicio prestado, sus características y su estructura (véase figura 7).

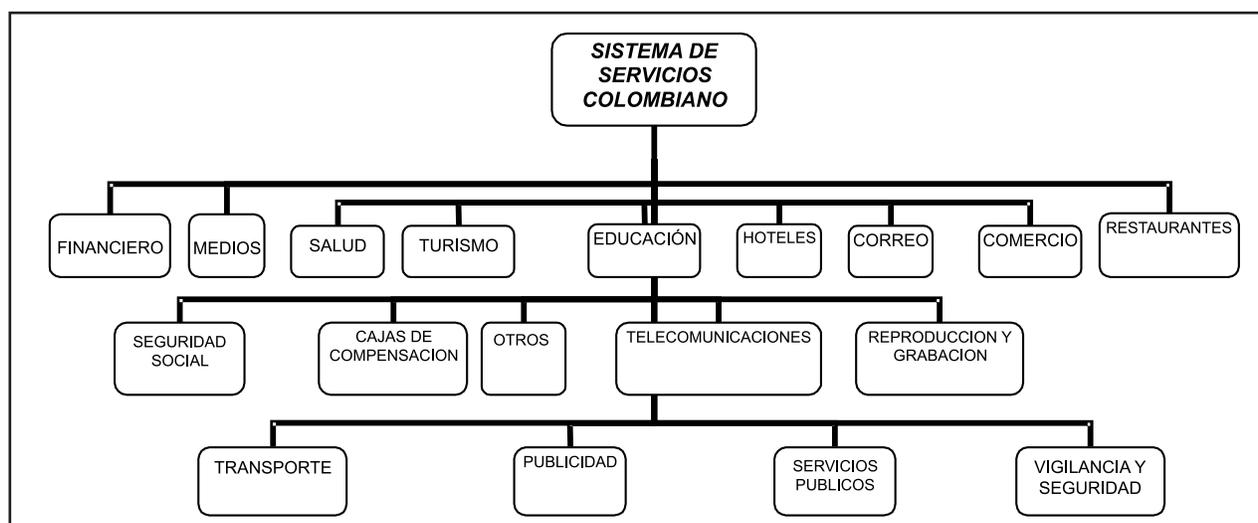


Figura 7. Estructura del sector de prestación de servicios
Fuente: Ángela Niño, Grupo GIGE, documento de trabajo, op. cit.

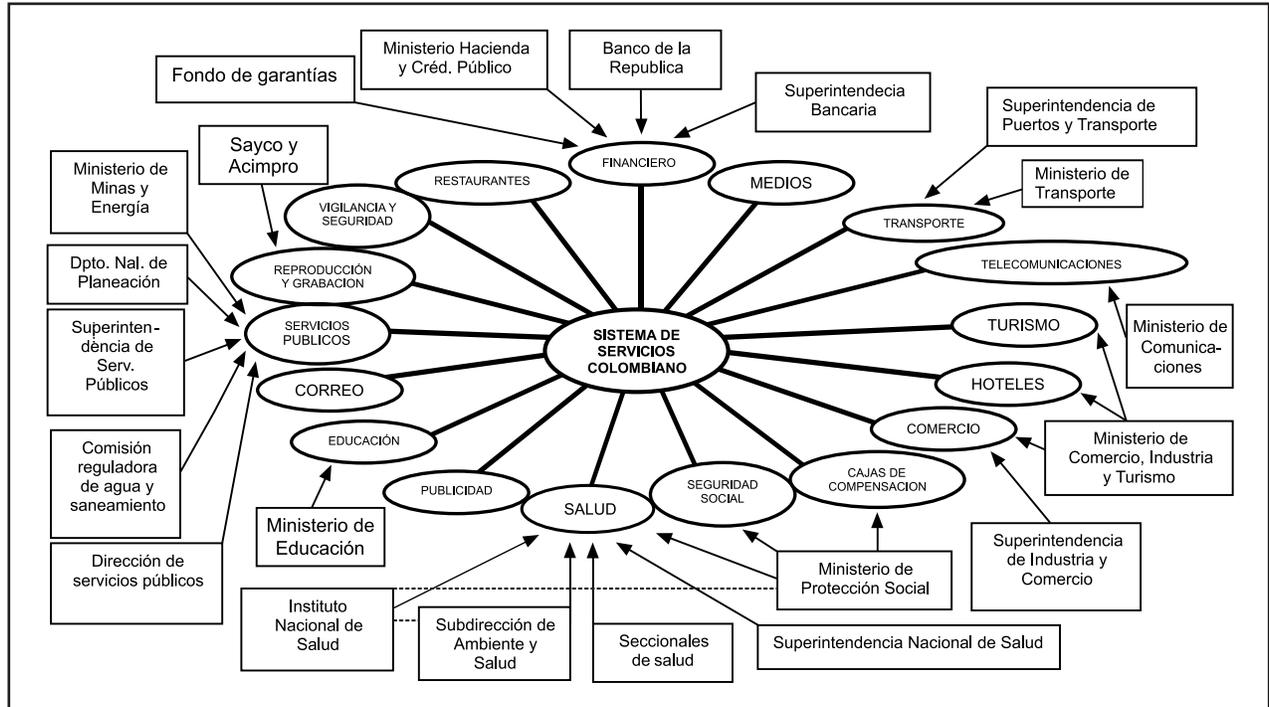


Figura 8. Colombia. Entidades reguladoras de los procesos de prestación de servicios

Fuente: Ángela Niño, Grupo GIGE, documento de trabajo

Asimismo, las empresas prestadoras y el proceso mismo están reguladas por diferentes entidades (véase figura 8).

4. Marco conceptual para el análisis de capacidades de operaciones

Al igual que en las organizaciones manufactureras, definir la estructura operativa, administrativa y la capacidad necesaria en empresas de servicios es un problema de planeación a mediano y largo plazo que debe resolverse a partir de la ejecución de las etapas de análisis, planeación, programación y control.

El *análisis* permite entender el problema de manera objetiva, sistemática y cuantitativa (Prawda, 2000). En empresas de servicios esta etapa comprende la identificación de los sistemas operativo y administrativo, el conjunto de procesos, sus factores y variables (Monks, 1991). El análisis de procesos implica ajustar las capacidades y el equilibrio entre diferentes partes del proceso para el logro de la productividad de operaciones y la minimización de costos (Chase et al 2002; Krippendorff, 2002).

La *planeación* es una herramienta de la administración que hace posible determinar el curso correcto de acción para la realización de objetivos previstos, fijando

principios, estrategias y políticas, recursos necesarios para la realización de los procesos y cumplimiento eficiente de los mismos (Ackoff, 1988; Reyes P., 1980; Domínguez, 1995; Steiner, 1969). En empresas de servicios, planear implica además establecer el dimensionamiento, esto es, la determinación de la capacidad deseable para el sistema; determina a dónde se pretende llegar, qué debe hacerse, cómo, para qué, cuándo y en qué orden, permite minimizar la incertidumbre y mejorar el desempeño de las empresas (Chiavenato, 1994).

La *planeación de la capacidad* es el proceso que permite determinar los recursos humanos, maquinaria, capital, material y energía necesarios para cumplir con los objetivos del servicio en una empresa (Sánchez, 1976). La planificación a largo plazo se relaciona con la capacidad instalada en activos y recurso humano para dimensionar el sistema productivo. Por su parte, la planificación intermedia se relaciona con la asignación de recursos financieros a las necesidades de la compañía, incluso el establecimiento de la capacidad de operación empresarial, medida en general en razón del personal involucrado con el servicio; también comprende la definición de tiempos y unidades necesarias para su realización.

La *programación* es la asignación en el tiempo de los recursos requeridos para el cumplimiento y desarrollo de los planes a corto plazo; implica la definición de las

operaciones y procedimientos tendientes al cumplimiento de los objetivos del servicio, anticipando el qué, quién, cómo y cuándo de las acciones (Koontz, 1998).

El *control* es la medición y corrección del desempeño individual y organizacional (Robbins, 1996), a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de la empresa y los planes (Koontz, 1998); es el método que mide la ejecución normal y la guía hacia una meta predeterminada; supervisa el progreso de las actividades y contrasta frente al plan, de acuerdo con el comportamiento del sistema (Massie, 1987; Robbins, 1996). Su esencia se encuentra en contrarrestar las acciones existentes contra ciertos resultados deseados, determinados en el proceso de planeación (Koontz, 1998); para ello se determinan estándares, se mide y monitorea el desempeño corrigiendo los desvíos o discrepancias (Chiavenato, 1986); todo esto implica medición, retroalimentación, comparación con un estándar y corrección de desviaciones, cuando es necesario (Monks, 1991).

La capacidad del sistema productivo define los límites competitivos de las empresas, esto es, establece su tasa de respuesta a las demandas del mercado, su estructura de costos, composición de personal, nivel tecnológico y requisitos de gestión.

5. La capacidad de operaciones en los sistemas de prestación de servicios

La capacidad, entendida como la tasa de operación que puede obtenerse en el desarrollo de un proceso tendiente al cumplimiento de un servicio, presenta marcadas diferencias entre las empresas de servicios y de manufactura (Chase *et al* 2002):

- *Tiempo*: los servicios no pueden almacenarse para ser utilizados más tarde; no pueden emplearse inventarios para regular la atención a la demanda; la capacidad, medida en unidades de salida por unidad de tiempo (Narasimhan *et al*, 1996), debe estar disponible en el momento que se requiere.
- *Ubicación*: el servicio debe ubicarse en el lugar donde se encuentra el cliente, y en el momento que éste lo requiere; no puede producirse primero y luego distribuirlo.
- *Versatilidad*: debe ser mayor que en un sistema de producción de bienes; en servicios hay mayor variabilidad en el tiempo de procesamiento por cliente, y se ven directamente afectados por su comportamiento.

De acuerdo con su disponibilidad, necesidad y utilización, la capacidad en empresas manufactureras han sido clasificadas en *instalada*, *disponible*, *necesaria* y *utilizada* (Kalenatic y Blanco, 1990). Dilworth (1993)

afirma que cuando se dispone de pronósticos adecuados existen diferentes formas para acercar la capacidad instalada a la demanda y, en particular, para lograr su mayor utilización; para ello propone un conjunto de estrategias (véase tabla 4), cuya aplicación facilita la planeación y programación de las capacidades en las empresas de servicios, estandariza el patrón de la demanda y permite ajustar el flujo de clientes a la capacidad empresarial.

Tabla 4. Resumen de estrategias para actuar sobre la demanda

Estrategias para actuar sobre la demanda	Estrategias para ajustar la capacidad a una demanda no uniforme
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de un horario fijo • Empleo de un sistema de cita previa • Incentivos económicos para los periodos de baja demanda 	<ul style="list-style-type: none"> • Turnos de trabajo discontinuos • El cliente selecciona el servicio deseado • Empleo por tiempo parcial y subcontratación • Plantilla polivalente flotante • El cliente se sirve • Búsqueda de similitud con la línea de montaje • Búsqueda de equilibrio de capacidad y retraso en el servicio

Fuente: Dilworth. Elaboración de Ángela Niño, Grupo GIGE, documento de trabajo.

Para establecer la capacidad requerida en empresas de servicios pueden llevarse a cabo los siguientes pasos (Chase *et al* 2002):

- Utilizar técnicas de proyección y pronóstico para predecir las ventas de cada servicio
- Establecer los procesos y procedimientos para la prestación de los servicios
- Calcular los requerimientos de recursos, puestos de trabajo, equipo y mano de obra para cumplir los procesos y las proyecciones
- Proyectar la disponibilidad de los recursos para el horizonte de planificación previsto.

En la etapa de planeación también debe tenerse en cuenta la relación diaria entre la utilización del servicio y su calidad; el mejor punto operacional se encuentra cerca del 70% de la capacidad máxima; este nivel de ocupación es suficiente para mantener los servidores ocupados, dejando tiempo para atender a los clientes en forma individual y mantener la suficiente capacidad en reserva (Haywood-Farmer y Nollet, 1991; Heskett, 1986).

6. Modelos para la determinación de capacidades de operaciones

La mayoría de los análisis administrativos se lleva a cabo utilizando modelos matemáticos; su utilización para el

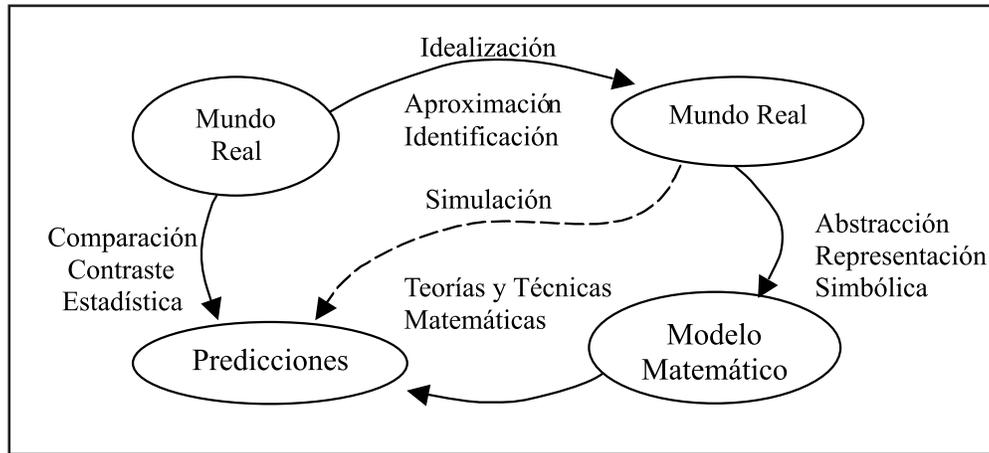


Figura 9. Representación gráfica de los pasos para elaborar un modelo

Fuente: Grupo GIGE, documento de trabajo. Adaptado por Édgar Ortega, con base en los diferentes autores.

cálculo de capacidades en empresas de servicios propicia importantes ahorros de recursos y el correcto dimensionamiento de los sistemas productivos, al permitir las simulaciones y la evaluación de diferentes alternativas.

Un modelo es una representación de un sistema y se utiliza para describir y predecir su comportamiento; se trata de instrumentos mediante los cuales pueden aplicarse técnicas analíticas en la solución de problemas prácticos. Por su parte, un sistema es un ente formado por un conjunto de entradas, uno de salidas y una relación bien definida entre ambos conjuntos (Aracil, 1986; Gordon, 1969; Polak y Wong, 1970; Rubinstein, 1975; Shuman, 1976).

Los modelos pueden clasificarse en descriptivos y normativos. Los primeros representan una relación, pero no indican ningún curso de acción; los normativos, también denominados modelos de optimización, son prescriptivos, en la medida en que señalan una guía de acción que el administrador debe seguir para alcanzar un objetivo definido.

Un modelo normativo puede contener submodelos descriptivos, pero difiere del tipo descriptivo porque incorpora un objetivo al modelo y hace posible identificar los efectos de diferentes cursos de acción sobre el objetivo. La mayoría de los modelos de este tipo está constituidas por tres conjuntos de elementos: variables de decisión, parámetros, restricciones y una o más funciones objetivo.

Los modelos pueden ser lineales o no, continuos o discretos, estáticos o dinámicos, determinísticos o estocásticos, de acuerdo con el nivel de certidumbre [con el cual se conozcan de las relaciones funcionales] (Davis y Mckeown, 1986; Prawda, 2000).

En el área de investigación de operaciones existen tres clases de modelos: a) icónicos: imágenes a escala del sistema cuyo problema se quiere resolver; b) analógicos: se basan en la representación de las propiedades de un sistema cuyos problemas se quieren resolver, utilizando otro sistema cuyas propiedades son equivalentes; c) simbólicos: conceptualizaciones abstractas de un problema real empleando letras, números, variables y ecuaciones. Los modelos matemáticos hacen parte del último tipo (Prawda, 2000). En la figura 9 se esquematiza el proceso general de modelamiento.

Aracil propone como proceso para la elaboración de un modelo matemático:

- Encontrar un problema del mundo real (idealización, aproximación, identificación).
- Formular un modelo matemático acerca del problema, identificando variables (dependientes e independientes) y estableciendo hipótesis suficientemente simples para tratarse de manera matemática (abstracción, representación simbólica).
- Aplicar los conocimientos matemáticos que se posee para llegar a conclusiones matemáticas (teorías y técnicas matemáticas).
- Comparar los datos obtenidos como predicciones con datos reales; si los datos son diferentes, reiniciar el proceso (comparación, contraste, estadística).

Para el estudio de capacidades en sistemas productivos se han desarrollado diferentes modelos, de tipo determinístico y estocástico (Rodríguez y Ramírez, 1989). Los determinísticos han sido empleados en estudios de capacidades de empresas manufactureras, mas no en empresas de servicios; los estocásticos —específicamente los modelos de líneas de espera—, son los más conocidos para medir la capacidad en empresas de servicios.

La teoría de colas permite analizar los requerimientos de los servicios y definir las instalaciones apropiadas de acuerdo con condiciones específicas; el objetivo es llegar a un equilibrio entre el costo de espera y el costo del dimensionamiento del sistema de servicio. Una línea de espera es el efecto resultante de un sistema cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionarlo (Mohammad y García, 1996).

Los clientes, demandantes del servicio, se convierten en una entrada; ellos ingresan en el sistema y se unen a una cola; en determinado momento uno de sus integrantes se selecciona para proporcionar el servicio, mediante una regla conocida como disciplina de servicio; luego se ejecuta el servicio requerido por el cliente, y una vez éste finaliza, el cliente abandona el sistema (Hiller et al, 2002; Prawda, 2000).

Un sistema de colas consta de uno o varios servidores que prestan un servicio a uno o a varios usuarios que acceden a él; el sistema está formado por un conjunto de entidades en paralelo que proporcionan un servicio a las transacciones que entran al sistema de manera aleatoria. Dependiendo del caso, las entidades pueden ser cajeros, máquinas, semáforos, y las transacciones pueden ser clientes, piezas, automóviles, entre otros. El tiempo de servicio y las entradas al sistema son fenómenos que en general tienen asociadas fuentes de variación; por esto se hace necesario utilizar modelos estocásticos que permitan el estudio de este tipo de sistema (Mohammad y García, 1997).

La teoría de líneas de espera comprende un gran número de modelos, cada uno referido a un tipo diferente de situación de espera. Sin embargo, todos los modelos tienen algunas cosas en común: a) no pretenden resolver problemas de línea de espera sino describir el sistema calculando las características de operación de la línea (Davis y McKeown, 1984); b) los resultados del análisis de colas también se emplean como modelos de optimización de costos: se proponen la minimización de los costos de ofrecimiento del servicio (Taha Hamdy, 1997). Dado que los modelos pretenden describir, más que optimizar, cualquier intento en este último sentido debe ser realizado por el usuario variando los parámetros del sistema para obtener diferentes conjuntos de características de operación, las cuales definen su mejor estructura (Davis y McKeown, 1984). La llegada de clientes al sistema de colas se representa por medio del tiempo entre llegadas; el servicio se asimila al tiempo de atención al cliente. Los tiempos pueden ser probabilísticos o determinísticos, y el tamaño de la cola puede ser finito o infinito. La figura 5 es una representación gráfica de la estructura de estos modelos.

Ni en las técnicas clásicas de medición de capacidades con modelos determinísticos de carácter descriptivo, ni en las que emplean líneas de espera existe una interrelación definida entre capacidades y demás funciones empresariales; por esta razón, en diversas ocasiones no hay coherencia entre las funciones organizacionales, particularmente al determinar la capacidad. No obstante, las técnicas clásicas son fundamentales para el desarrollo de modelos en los cuales sí se tenga en cuenta esta interacción (Kalenatic, 2001).

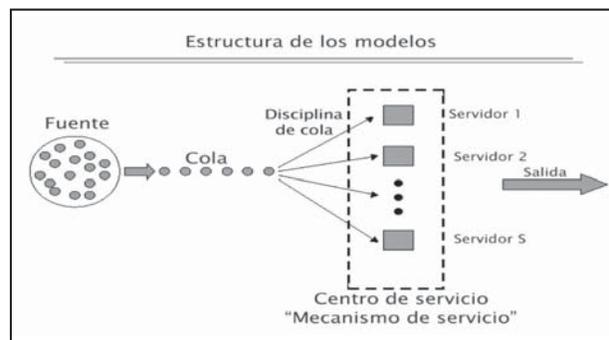


Figura 10. Estructura de los modelos de líneas de espera
Fuente: Édgar Ortega, Grupo GIGE, documento de trabajo³.

Las investigaciones recientes presentadas en revistas especializadas⁴ se orientan fundamentalmente a predecir el comportamiento del sistema con la utilización de líneas de espera frente a cambio en factores externos y su influencia en la capacidad del sistema. Por ejemplo, Grasman *et al* (2004) desarrollan un modelo de sondeo de estado finito con rutinas, para modelar capacidades limitadas del sistema; las rutinas se usan para representar la necesidad de un servicio adicional. Su principal resultado es la derivación de una función generadora para la longitud de la cola cuando los tamaños del estado están limitados, y una representación del trabajo del sistema. Al registrar los sondeos de los momentos, las longitudes de la cola son calculadas resolviendo un sistema de ecuaciones recursivas; para analizar y derivar las distribuciones de longitud de cola se emplean cadenas de Markov. El sistema desarrollado puede usarse para representar modelos de producción con arreglos, y pérdida o incremento de ventas.

Por su parte, Wang (2004) desarrolla un modelo para representar las colas generadas por pacientes en hospitales que consideran su condición y sus cambios con el tiempo. El riesgo enfrentado por un paciente se considera en fun-

³ Documento desarrollado en el marco del proyecto de investigación dirigido por el autor (ver nota 2)

⁴ Entre ellas el *European Journal of Operation Resource* y *Operation Resource Leather*

ción de la proporción de llegada, la capacidad de servicio y la tasa de riesgo de la enfermedad. Con la caracterización realizada se realiza un acercamiento a la planificación y dirección de servicios médicos teniendo en cuenta el riesgo enfrentado por los pacientes; para aumentar al máximo la supervivencia, el modelo prioriza pacientes de condición heterogénea en las diferentes clases de urgencia.

Para el análisis de capacidades de sistemas de prestación de servicios también han sido empleados modelos heurísticos. Lai y Hong K. Lo (2004) realizaron un estudio del servicio de transporte, específicamente de una red ferroviaria en Hong Kong; el problema era lograr la óptima velocidad, la asignación de ruta, y planificar los servicios de origen y multidestino. La función objetivo combinó el operador con mediciones de actuación de los pasajeros; matemáticamente, el modelo se formuló como un entero mixto, y el origen-destino como un problema de flujo múltiple con las restricciones de capacidad de la red. Para resolver este problema, Lai desarrolló un algoritmo heurístico que aprovecha el comportamiento polinómico del tiempo, y algoritmos de selección del camino más corto; resolviendo dos escenarios de servicios de la red se demostró la eficiencia del algoritmo heurístico; los resultados mostraron que las soluciones heurísticas producidas estaban dentro de las soluciones óptimas; el tiempo de cálculo es de aproximadamente 10 segundos, para tamaños de problema que están más allá de la capacidad del método simplex.

La dinámica de sistemas (Forrester, 1972) es otra herramienta para el análisis de sistemas, aunque en los últimos tiempos se emplee con poca frecuencia; se ha utilizado para el modelamiento de cadenas de suministro y en el estudio de sistemas productivos. El primer caso es presentado por Hafeeza *et al* (1996). Ellos desarrollan un modelo para dos eslabones de la cadena de suministro de la industria siderúrgica, que permite evaluar aspectos organizacionales y problemas tecnológicos; el objetivo es conducir el sistema hacia un movimiento más rápido para lograr un inventario mínimo razonable (MRI). En el escenario existen restricciones de capacidad, averías y cuellos de botella para el suministro de materiales.

En la revisión bibliográfica realizada no se identificaron aplicaciones de la dinámica de sistemas para el cálculo de capacidades en empresas de servicios. Para empresas manufactureras, Kalenatic (2001) diseñó un modelo basado en esta concepción; en él interrelaciona las técnicas clásicas para el cálculo de capacidades productivas (instalada, disponible, necesaria, utilizada) con técnicas de optimización (programación lineal, fraccionaly multimeta); allí la empresa es considerada como un sis-

tema dinámico con un enfoque integrado de capacidades que cuenta con diez flujos de retroalimentación: ventas, producción, materiales, capacidades, personal, medio ambiente, acumulación, inversión, mercadeo e investigación y desarrollo; a partir de ellos se desarrolla un modelo del flujo de retroalimentación de capacidades.

7. Conclusiones

Las empresas de prestación de servicios han tomado una dinámica importante en las últimas décadas, fundamentalmente por el desarrollo tecnológico acelerado de las empresas manufactureras, que aumenta su productividad y reduce sus demandas de empleo.

Considerando la importancia relativa de este tipo de empresas, se hace cada vez más importante desarrollar mecanismos que permitan mejorar su administración. En este sentido, el análisis, la planeación, la programación y el control correctos de las capacidades operativas permiten establecer ventajas competitivas, garantizando su sostenibilidad; para tal efecto deberá profundizarse en el desarrollo de modelos matemáticos que permitan simular diferentes soluciones al problema de capacidades y visualizar las empresas de manera integral.

Referencias bibliográficas

- [1] ACKOFF (1988). *Un concepto de planeación de empresas*, México D.F., Limusa.
- [2] ARACIL, J. (1986). *Introducción a la dinámica de sistemas*, Madrid, Alianza Universidad.
- [3] BUFFA, E., TAUBERT, M. (1987). *Sistemas de producción e inventario: Planeación y control*, México, Limusa Noriega.
- [4] CHASE, R., AQUILANO, N. (1997). *Dirección y administración de la producción y de las operaciones*. México, McGraw– Hill.
- [5] CHASE, R., NICHOLAS, J., AQUILANO, F., JACOBS R. (2002). *Manual de Operaciones de manufactura y de servicios*, Bogotá, McGraw– Hill.
- [6] CHIAVENATO, I. (1994). *Iniciación a la planeación y control de la producción*. McGraw– Hill.
- [7] CHIAVENATO, I. (1986). *Introducción a la teoría general de la administración*. México D.F., Mc Graw– Hill.
- [8] DANE, Dirección de Metodología y Producción Estadística (2002). *Encuesta Nacional de Microestablecimientos de Comercio, Servicios e Industria*.
- [9] DAVIS, K. R., MCKEOWN, P. (1986). *Modelos cuantitativos para administración*, México D.F., Ed. Iberoamérica.
- [10] DILWORTH, J. B. (1993). *Production and operation management: manufacturing and services*, 5a. ed., New York, McGraw–Hill.

- [11] DOMÍNGUEZ M., J. A. (1995). *Dirección de operaciones, aspectos estratégicos en la producción y los servicios*, Madrid, McGraw– Hill.
- [12] DOMÍNGUEZ M., J. A. (1995). *Dirección de operaciones, Aspectos tácticos en la producción y los servicios*, Madrid, McGraw– Hill.
- [13] FORRESTER, J. (1972). *Dinámica Industrial*, Buenos Aires, . El Ateneo.
- [14] GAITHER, N., FRAZIER, G. (2000). *Administración de producción y operaciones*. 8ª. ed, México, Internacional Thomson Ed.
- [15] GOLDFEDER, G. (1998). *Planificación y administración, un enfoque integrador*, México D.F., Trillas.
- [16] GORDON, G. (1969) *System Simulation*. Prentice Hall.
- [17] HAFEEZA, K. M., GRIFFITHSB, J., GRIFFITHSC, M. M. NAIMD. (1996). Systems design of a two-echelon steel industry supply chain. *International Journal Production Economics*, 45, pp. 121-130.
- [18] HAYWOOD–FARMER, NOLLET J. (1991). *Services Plus; Effective service management*. Quebec, G. Marin Publisher.
- [19] HESKETT, J. (1986). *La gestión en las empresas de servicios*. Plaza y Janés
- [20] HILLER, FREDERICK, LIEBERMAN, GERALD. *Introducción a la investigación de operaciones*. México D.F., McGraw– Hill.
- [21] KALENATIC, D., BLANCO, E. (1990). *Aplicaciones computacionales en producción*, Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [22] KALENATIC, D. (2001). *Modelo integral y dinámico para el análisis, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras*, Bogotá D.C., Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- [23] KOTLER, P. (1995). *Dirección de Marketing*. 7ª ed., Madrid, Prentice Hall.
- [24] KOONTZ, H. (1998). *Administración, una perspectiva global*, México D.F., McGraw–Hill.
- [25] KRAJEWSKI, L. J. (2000). *Administración de operaciones, estrategia y análisis*. México D.F., Pearson.
- [26] KRIPPENDORFF, K. (2002). *Content Analysis*. Beverly Hills, Sage Publications.
- [27] LAI, M.F., HONG, K.L.(2004). Ferry service network design: optimal fleet size, routing, and scheduling. *Transportation Research Part A*, 38, 305–328.
- [28] LIEBERMAN, H. (2002) *Investigación de Operaciones*, 7ª ed., México D.F., McGraw– Hill.
- [29] LOVELOCK, C. (1997). *Mercadotecnia de servicios*. México D.F., Prentice Hall.
- [30] MASSIE, J. (1987). *Essentials of management*, 4a. ed., New Jersey, Prentice Hall.
- [31] MOHAMMAD, R. A., GARCÍA, E. (1996). *Simulación y análisis de modelos estocásticos*, México, McGraw Hill.
- [32] MONKS, J. (1991). *Administración de Operaciones*, México D.F., McGraw– Hill.
- [33] NARASIMHAN, S., McLEAVEY, D., BILLINGTON, P. (1996). *Planeación de la producción y control de inventarios*, Prentice Hall.
- [34] OCDE (1996) *Services Statistics*.
- [35] PRAWDA, J. (2000). *Métodos y modelos de investigación de operaciones*, Vol. 2, Modelos estocásticos. México, Limusa.
- [36] PRAWDA, J. (2000). *Métodos y modelos de investigación de operaciones*, Vol. 1. Modelos determinísticos. México, Limusa.
- [37] PEEL, M. (1999). *Cultura de servicios y calidad percibida. Marketing y ventas*.
- [38] POLAK, E., WONG, E. (1970). *Notes for a First Course on Linear Systems*, Van Nostrand.
- [39] QINAN W. (2004). Modeling and analysis of high risk patient queues. *European Journal of Operational Research*, 155, 502–515.
- [40] REYES P., A. (1980). *Administración de empresas*, México D.F., Limusa.
- [41] ROBBINS S., DE CENZO, D. (1996). *Fundamentos de administración*, México D.F., Prentice Hall.
- [42] RODRÍGUEZ, F., RAMÍREZ. (1989). *Dinámica de sistemas*. Trillas.
- [43] RUBINSTEIN, M.F. (1975). *Patterns or problem solving*, New York, Prentice Hall.
- [44] SANCHEZ, G., F. (1976). *Introducción al estudio de la administración*. México D.F. Limusa.
- [45] SCHVARZER, J. (2001). *La estructura productiva a mediados de la década del noventa. Tendencias visibles y un diagnóstico con interrogantes*. Centro de Estudios Económicos de la Empresa y el Desarrollo, Instituto de Investigaciones Económicas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- [46] SCOTT, E. G., LENNON, T., BIRGE, J., (2004). Finite buffer polling models with routing, en: *European Journal of Operational Research*.
- [47] SIPPER, D. (1998). *Planeación y control de la producción*. México, D.F., McGraw– Hill.
- [48] SHUMAN, J. N. (1976). *Mathematical Model Building and Public Policy*.
- [49] STANTON, W. J. (2000). *Fundamentos de Marketing*, 9ª ed., México D.F., McGraw– Hill.
- [50] STEINER, George A. (1969) *Top Management planning*, Macmillan Company.
- [51] TAHA HAMDY (1998). *Investigación de Operaciones*. 6ª ed., México, Prentice Hall.
- [52] URRUTIA M., M. (1990) *Sector servicios*, Bogotá , Ed. Siglo XXI.
- [53] WOOD, R. D., SMALL. (1968). A Decision Analysis of Model Selection. *IEEE Trans*.
- [54] WTO, World Trade Organisation. (1998). Organización Mundial de Comercio: <http://www.wto.org.htm>
- [55] ZELENOVIC, D. M. (1990). *The design of production systems*.