

Determinación de variables de ajuste para la racionalización de un diseño de operación de flota en transporte público colectivo de pasajeros

Determining adjustment variables for rationalising a design for fleet operation in public passenger transport

Carlos Fabian Flórez Valero¹ y Pedro Luís Jiménez Póveda²

RESUMEN

El objetivo básico de la investigación fue establecer aspectos que permitieran ajustar el diseño operacional de flota en transporte público colectivo, buscando aumentar la rentabilidad para el inversionista privado. Para la realización de la presente investigación, se utilizó la información obtenida durante más de un año en la Alianza SAT S.A., la cual es una empresa que agrupa algunas empresas de transporte colectivo de la ciudad, que administra y opera una flota 100 buses. La implementación de planes de rodamiento convencionalmente diseñados, no es suficiente para lograr racionalizar la operación de la flota, bajo esquemas en donde la gran mayoría de la oferta del transporte público colectivo no es operada por las empresas. Se realizó la prueba en la flota de buses de la Alianza Sat S.A., para demostrar que la ejecución de un diseño operacional en las rutas de la empresa, en las actuales condiciones del mercado del transporte público en Bogotá, lo que genera es una disminución en los ingresos obtenidos por la empresa. En el transcurso de la investigación se demostró como controlando aspectos diferentes a los considerados en una metodología estándar de diseño de rutas, se puede lograr incrementar la rentabilidad de una flota de buses de transporte público colectivo de pasajeros. La investigación ha determinado una alternativa de racionalización al diseño operacional para las empresas de transporte público colectivo de pasajeros en función del ajuste de aspectos tales como los patrones de demanda, el esquema de operación, la variabilidad de las rutas, etc., lo cual se convierte en una herramienta innovadora y útil, para racionalizar el diseño operacional de las rutas de vehículos que operan en ciudades con esquemas de bajo control y sobreoferta.

Palabras clave: transporte urbano, diseño operacional de rutas, racionalización de flota, transporte público colectivo.

ABSTRACT

This investigation was aimed at establishing aspects leading to adjusting the operational design of public transport fleet operation to make it more profitable for private investors. Data obtained from more than a year's operation by the *Alianza Sat S.A.* was used (this being a bus-company alliance grouping about 100 buses from some of Bogotá's collective transport companies) for carrying out the present investigation regarding fleet administration and operation. Simply implementing conventionally-designed routing plans is not enough for rationalising fleet operation, as most public collective transport is not directly operated by companies. The *Alianza Sat S.A.* bus fleet was used for testing hypotheses demonstrating that current operational design for the company's routes (in Bogotá's current public transport market conditions) leads to reducing the company's income. The investigation revealed that public passenger transport bus fleet revenue can be increased if aspects different to those considered in standard route design methodology are controlled. The investigation has determined alternative rationalisation for operational collective public passenger transport company design regarding adjusting aspects such as the demand pattern, operating scheme, route variability, etc. This will provide an innovative and useful tool for rationalising the operational design of bus routes operating in cities having weak public transport control and excess bus supply.

Keywords: urban transport, operational route design, fleet rationalisation, public passenger transport.

Recibido: agosto 16 de 2006

Aceptado: marzo 1 de 2007

¹ Ingeniero civil. Especialista y M.Sc., en ingeniería de transporte, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Investigador, Programa de Investigación en Tránsito y Transporte, Departamento de Ingenierías Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. cfflorezv@unal.edu.co

² Ingeniero civil. Especialista, en caminos de montaña, Universidad de San Juan, Argentina. Profesor, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Investigador, Programa de Investigación en Tránsito y Transporte, Departamento de Ingenierías Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pljimenezp@unal.edu.co

Introducción

En el año 2003 en la Alcaldía de Antanas Mockus³ en la ciudad de Bogotá, se diseñó una reestructuración de rutas, debido a la entrada de Fase II⁴ de Transmilenio. Se realizó el diseño operacional de todas las rutas de la ciudad, pero hasta antes de la presente investigación no se había probado la validez del mismo.

En Bogotá existe transporte colectivo desde el año 1923 (Ver Figura 1); los altos márgenes de utilidad que se manejaban en este negocio nunca habían planteado la necesidad de aumentar la rentabilidad del mismo, entendiendo además que Bogotá cuenta con una de las tarifas de transporte público colectivo más bajas del mundo (Ver Figura 2). En la década de los 80's, se movilizaban alrededor de 1000 Pasajeros/día/vehículo y además existía un subsidio por parte del estado para la prestación del servicio.



Figura 1. Primera ruta de transporte público colectivo en Bogotá. 1923 (Fuente: Memorias del curso: Gerencia para empresas de transporte público colectivo. Pontificia Universidad Javeriana, 2004)

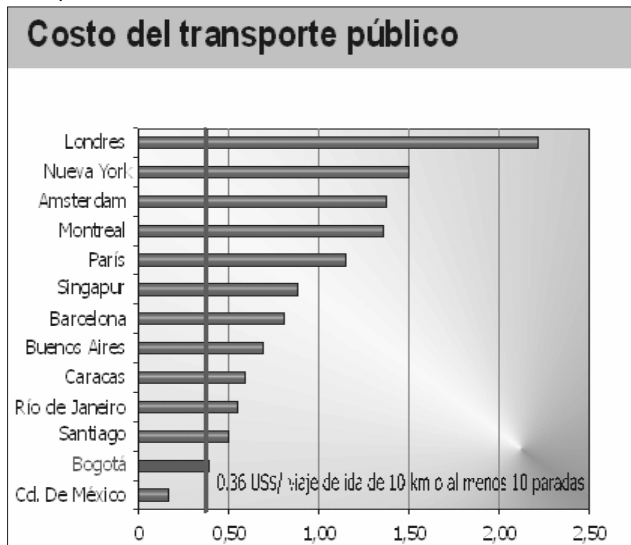


Figura 2. Costo del transporte público en algunas ciudades del mundo (Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, on line)

Con la entrada de la Fase I⁵ de Transmilenio y con la falta de una adecuada reestructuración del Sistema de rutas de la ciudad se ha presentado un fenómeno de hacinamiento de rutas en algunos corredores (Ver Figura 4). Además, se ha generado una disminución en el número de pasajeros recogidos por vehículo, esto aunado con el crecimiento del parque automotor de transporte público colectivo (Ver Figura 3) y el bajo costo de la tarifa, evidencian el serio problema al que se ven enfrentados los transportadores no masivos en Bogotá.

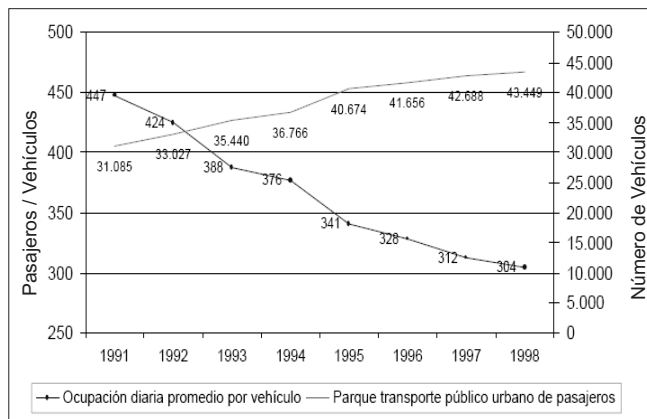


Figura 3. Evolución de la ocupación y el tamaño de la flota de buses de Bogotá 1991-1998 (Fuente: Documento Conpes 3167, 2002)

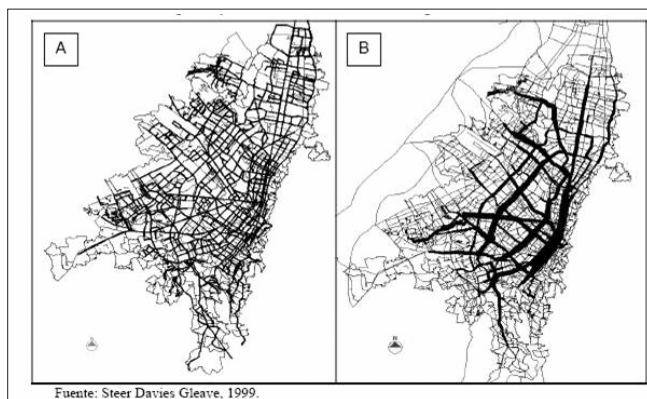


Figura 4. Cubrimiento espacial y concentración de rutas en Bogotá antes (A) y después (B) de Transmilenio Fase I (Fuente: Steer Davis Gleave, 1999)



Figura 5. Flota de buses de la Alianza Sat S.A.

³ Antanas Mockus es matemático en la Université de Dijon (France) y M.Sc. en Filosofía en la Universidad Nacional de Colombia. Fue Alcalde de Bogotá - Colombia en los periodos 1995-1998 y 2001- 2003.

⁴ La Fase II de Transmilenio, consistía en las Troncales: Av. Américas-Calle 13 y Av. NQS

⁵ La Fase I de Transmilenio, consistía en las Troncales: Calle 80, Av. Caracas y Autopista Norte

Para la realización de la presente investigación, se utilizó la información obtenida durante más de un año en la Alianza SAT S.A., la cual es una organización que agrupa algunas empresas de transporte colectivo de la ciudad, en lo referente a la administración y operación de flota propia (Ver Figura 5).

En dicha empresa, con una flota propia de más de 100 buses, se aplicaron todos los ensayos teóricamente establecidos para establecer así el diseño operacional con el que funcionaría la flota. Una vez culminados los ensayos y diseñada la operación se notó que no hubo una mejora en la productividad de la flota.

A raíz de lo obtenido, se empezó a experimentar modificando variables y aspectos que de alguna manera tenían que ver con la operación directa o indirectamente, de esta manera se logró mejorar los niveles de productividad de la flota, siendo esta la génesis de la presente investigación.

Se hace claridad que no se encontraron investigaciones previas que buscaran el mismo objetivo, entendiendo que en ciudades con esquemas de operación similares son muy pocas las empresas que administran su flota en el sector del transporte público colectivo, que puedan permitir obtener la información necesaria para realizar una investigación de esta índole.

Además el esquema operacional que se implantó, intentaba corresponder a lo establecido en los decretos distritales 114 y 115 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003), los cuales definían los aspectos para la reorganización del transporte público colectivo, bajo criterios de seguridad. En estos decretos, la administración de la ciudad de Bogotá planteó las condiciones de la reorganización de transporte en la ciudad, de acuerdo también a los informes técnicos de dicho proyecto de reorganización (Logit y Logitrans, 2003; Mckinsey And Company, 2003)

Planteamiento de la hipótesis

La implementación de planes de rodamiento diseñados de manera convencional⁶ (Elazar, 2003), no es suficiente para lograr racionalizar la operación de la flota. Se realizó la prueba en la flota de buses de la Alianza Sat S.A., para demostrar que la ejecución de un diseño operacional en las rutas de la empresa, en las actuales condiciones del mercado del transporte público en Bogotá, lo que genera es una disminución en los ingresos obtenidos por la empresa.

En el transcurso de la investigación se demostró como controlando otros aspectos, se puede lograr incrementar la rentabilidad de una flota de buses de transporte público colectivo de pasajeros

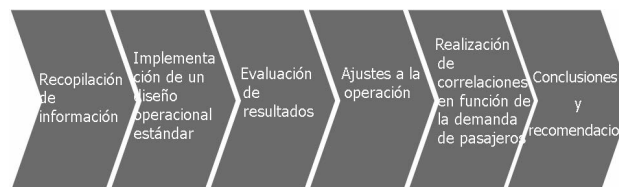
Objetivos planteados

El fin último de la investigación es establecer los aspectos más relevantes que permitan ajustar un diseño operacional de flota en rutas de transporte público colectivo en función del aumento de la productividad

Entre los objetivos específicos, se tienen:

- Determinar los patrones de demanda
- Establecer relaciones entre las características del operador y su productividad.
- Establecer relaciones entre la productividad y variables relacionadas con la gestión de la operación.
- Determinar como se deben calcular los tiempos de ciclo a utilizar para el cálculo de la flota.
- Determinar la variabilidad de la demanda para rutas radiales y transversales.

La metodología que se desarrolló para la ejecución de la investigación, se puede apreciar en la siguiente secuencia de actividades:



Implementación del diseño operacional

En la semana 39 del año, se implementó por primera vez en los buses de la Alianza Sat, un diseño operacional de flota en cada una de las rutas de la empresa; para ello se aplicó la metodología convencional.

Antes del dimensionamiento de cada ruta, se tomó información relacionada a las características operacionales de cada ruta, así como de la demanda, se realizaron estudios de ascenso y descenso en cada ruta, tiempos de recorrido, todo esto encaminado al diseño técnico de la flota, buscando un equilibrio entre la oferta de transporte y la demanda de pasajeros. A continuación se definen los elementos básicos, tenidos en cuenta en el diseño operacional de flota:

- Frecuencia de despacho
- Longitud de una ruta
- Tiempo de recorrido
- Tiempo de Ciclo
- Capacidad nominal del vehículo
- Velocidad de operación
- Tiempo en terminal

⁶ Entiéndase por planes de rodamiento convencionales, los que establecen la flota necesaria para una ruta a partir de la demanda del tramo más cargado de la ruta.

Una vez recopilada la información anterior, y medidos los parámetros básicos (Alcaldía de Manizales-Colombia y Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, 2005) para realizar el diseño operacional, se procesó la información y se obtuvieron las variables enunciadas a continuación, que permitían realizar la programación de toda la flota.

- Intervalos de despacho
- Volumen de pasajeros
- Tramo más cargado
- Volumen de diseño
- Horarios de servicio
- Rotación de la demanda
- Capacidad de línea ofrecida
- Capacidad de línea máxima
- Itinerario
- Flota operativa
- Flota de reserva

Cuando se implementó el plan de rodamiento en las rutas, hubo una dramática disminución de los pasajeros recogidos, lo cual no se esperaba. Inicialmente se consideró que era resultado del cambio en las rutinas de cada operador; pasaron los días y el número de pasajeros recogidos seguía con tendencia a la baja. Para coadyuvar en la solución del problema se aumentó el personal de control en ruta y en paraderos, entendiendo estos dos elementos como fundamentales en las redes de buses (Regueros, 1995, pp. 40), y se aumentó la rigidez de las sanciones internas de la empresa.

Fue en este periodo de disminución de la demanda de los buses, y al ver que todos los aspectos operativos, estaban bajo control, cuando se decidió implementar ajustes a la operación de acuerdo con diversos aspectos.

Tan solo a partir de la semana 43 los ingresos que se captan por la movilización de pasajeros mejoraron de manera sostenible, igualando los mismos niveles de productividad que se tenían antes de la implantación del diseño; con la gran ventaja que los costos habían disminuido también de manera sostenible.

Desde allí se fueron detallando cada una de las tablas y aspectos que sirvieron para ajustar la operación, hasta lograr un IPK de 1.35 en la semana 49, e incluso las cifras más altas del sistema de 1.43, en la semana 51.

Aunque el alcance de la investigación se limitó a la ciudad de Bogotá, es posible replicar la investigación en otras ciudades, entendiendo la gran importancia que tiene racionalizar el transporte público. Como bien resume Molinero y Sánchez (1996, pp. 264): “Los transportes públicos no sólo son una necesidad para las ciudades medias y grandes, por su bajo costo en infraestructura y menor consumo de espacio físico,

sino porque además son los únicos que aseguran una posibilidad real de accesibilidad para todos”

Algunas variables de ajuste y correlaciones obtenidas

Algunas variables de ajuste obtenidas en la investigación con correlación ($R^2 > 0.60$) aceptable, fueron las siguientes:

En la Figura 6, se aprecia la relación existente entre la productividad y la edad del operador.

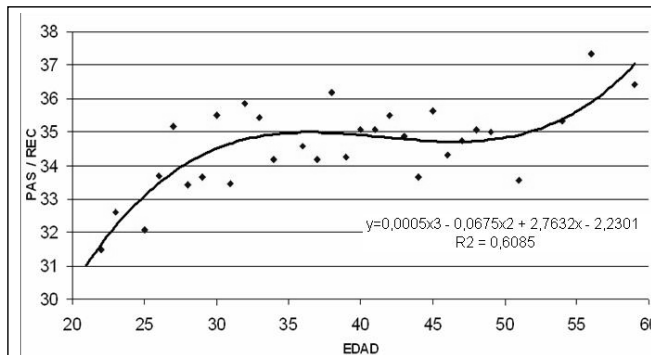


Figura 6. Productividad⁷ vs. Edad del operador

En la Figura 7, se aprecia la productividad en función de las jornadas de trabajo de los operadores.

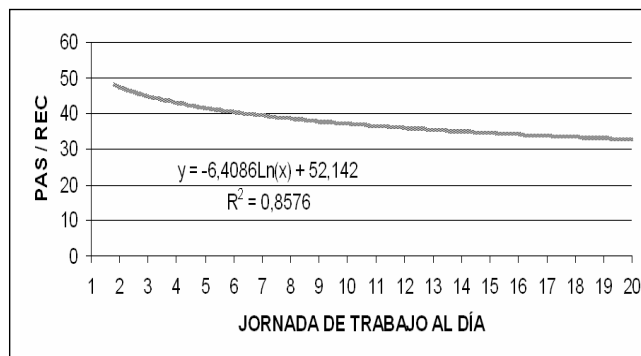


Figura 7. Productividad Vs. Jornada de trabajo

En la Figura 8, se aprecia la productividad en función del nivel de escolaridad de los operadores.

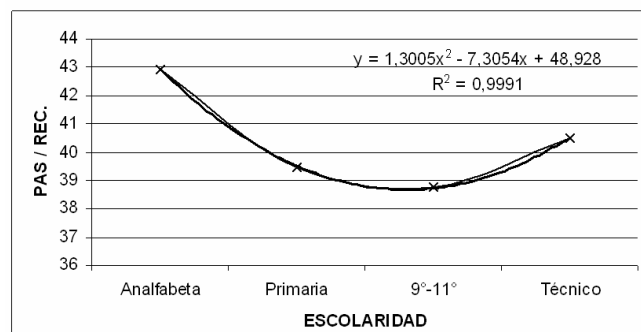


Figura 8. Productividad vs. Nivel de Escolaridad de los operadores

⁷ Entiéndase productividad como el número de pasajeros que recoge un operador en un determinado tiempo

En la Figura 9, se aprecia la relación existente entre la productividad y la experiencia específica de los operadores como conductores de transporte público colectivo.

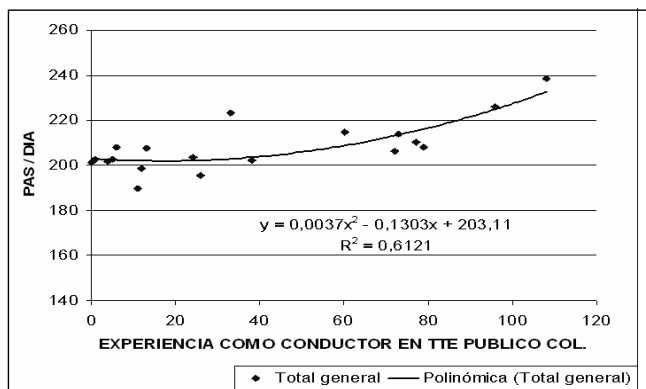


Figura 9. Productividad vs. Experiencia en el sector

En la Figura 10, se aprecia el comparativo de demanda entre un día sábado típico con los sábados atípicos⁸.

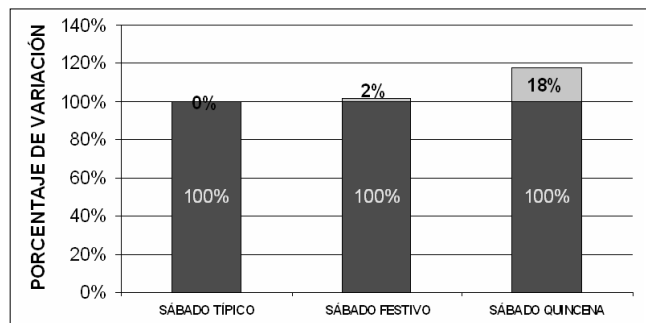


Figura 10 Comparativo de demanda entre un día sábado típico con los sábados atípicos

En la Figura 11, se aprecia el comparativo de los patrones mensuales en rutas transversales y radiales.

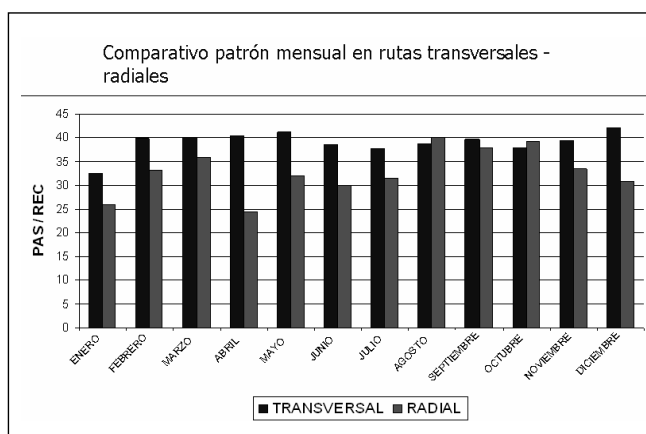


Figura 11. Comparativo patrón mensual en rutas transversales y radiales

En la Figura 12, se aprecia el comparativo de demanda entre un día hábil típico con los días atípicos en Bogotá.

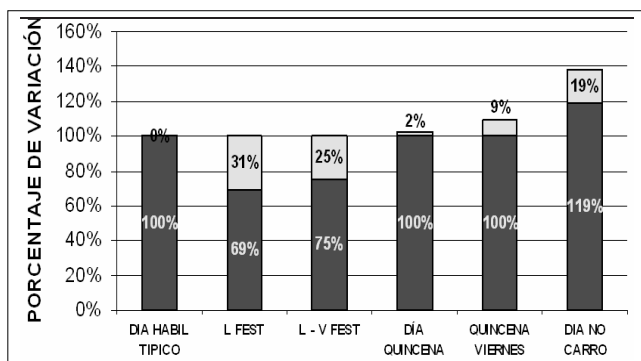


Figura 12. Comparativo de demanda entre un día hábil típico con los días atípicos en Bogotá

En la Figura 13, se aprecia el comparativo de los patrones diarios de demanda entre rutas transversales y radiales.

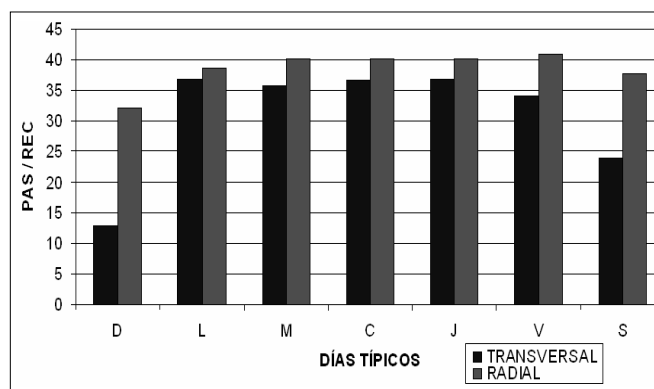


Figura 13. Comparativo patrón diario en rutas transversales y radiales

En la Figura 14, se aprecia la relación existente entre la productividad y la antigüedad de los operadores dentro de la Alianza Sat.

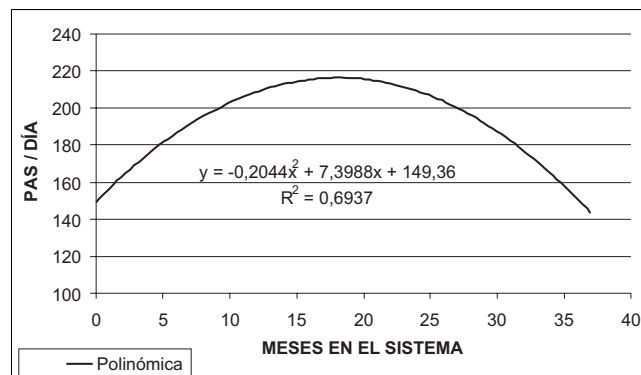


Figura 14. Productividad vs. Antigüedad en el Sistema

En la Figura 15, se muestra el resultado de obtener el promedio de operadores que habían laborado por bus al año, obteniéndose que a medida que aumentan, también lo hace la producción.

En la Figura 16 se observa la relación existente entre el número de pasajeros recogidos en promedio por recorrido, en función del número de recorridos que realizaba cada opera-

⁸ Se entiende por sábados atípicos, aquellos que anteceden a lunes festivos, o siguen a días festivos

dor, encontrándose que por debajo de nueve recorridos por operador se obtenía una producción aceptable, por encima de este umbral los pasajeros recogidos disminuyen.

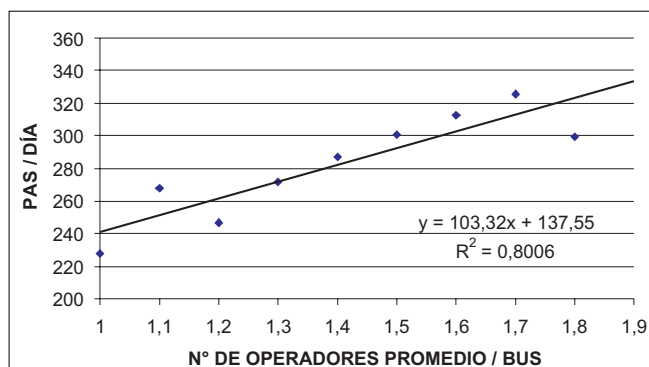


Figura 15. Productividad Vs. número de operadores promedio por bus

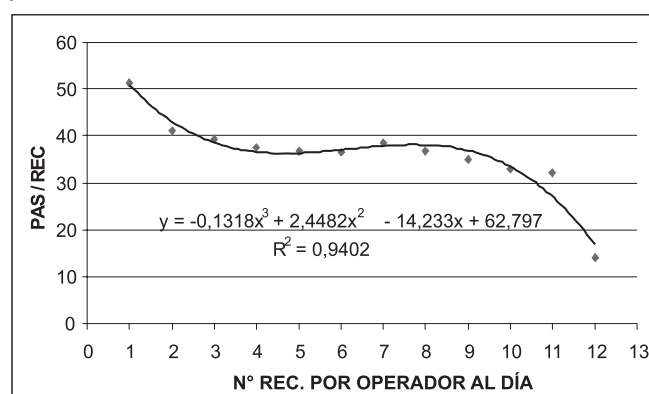


Figura 16. Productividad Vs. número de recorridos diarios por operador

Conclusiones

La hipótesis que se planteó al inicio de la investigación era que la implementación de un diseño operacional de flota en Bogotá, no era suficiente para optimizar los ingresos, lo que hacía necesario realizar ajustes sobre otros aspectos diferentes a los involucrados en la metodología estándar de diseño de flota, para lograr aumentar la rentabilidad operacional del negocio; dicha hipótesis se demostró en el desarrollo de la investigación

La investigación ha determinado una alternativa de racionalización al diseño operacional para las empresas de transporte público colectivo de pasajeros en función del ajuste de aspectos tales como los patrones de demanda, el esquema de operación, la variabilidad de las rutas, etc.

Analizados los diversos aspectos que tienen una franca relación con la rentabilidad del negocio, se evidencia que son muchos los que influyen de manera directa en la productividad, generando una gran complejidad para lograr obtener una función de optimización.

Como parte del análisis de demanda realizado, se encontró que el actual esquema del negocio genera bajos márgenes de utilidad; gran parte de los ingresos percibidos no proviene de

la operación, sino de actividades diferentes, como venta de insumos, combustibles, servicios, vehículos, financiamiento de vehículos, cobro de cuotas de administración, préstamos e inversiones.

Las correlaciones encontradas, demostraron una aplicabilidad exitosa en las rutas de la Alianza Sat, sin embargo las condiciones propias de otras empresas y de otras rutas, ameritan, verificar la validez de los postulados de esta investigación, bajo otras condiciones de entorno, entendiendo que los aspectos humanos pueden ser muy heterogéneos de una organización a otra, incluso los sectores de la ciudad que recorren las rutas podrían modificar los resultados obtenidos.

En lo referente a la operación de la flota como tal, si bien es cierto existen fuertes condicionantes dados por el entorno mismo del transporte público colectivo de pasajeros en la ciudad, también es cierto que las inversiones en infraestructura, tal como estacionamientos de buses, estaciones de transferencia, medios de comunicación, etc., ayudan de manera importante a la gestión de la flota, sin embargo los umbrales de producción están radicalmente definidos por el esquema actual del negocio. Se podría concluir que sólo bajo unos cambios radicales a la estructura actual de operación de la ciudad, que implican indudablemente grandes inversiones y uniones empresariales a gran escala, se podrían sobrepasar estos umbrales de producción. Cualquier otra acción que se que se ejecute, simplemente, estará enfocada en tener un mayor control de la operación y en reducir costos, pero no se podrá aumentar de manera sensible los niveles de demanda actuales.

Como resultado de la investigación realizada, también se pudo llegar a algunas conclusiones particulares en cuanto a la aplicación de gráficas de ajuste a los diseños. La aplicación directa de los indicadores de ajuste enunciados en este documento es una herramienta para que las empresas optimicen su operación coadyuvando en las tomas de decisiones operativas. Con el uso de los factores de ajuste al diseño operacional, se logró aumentar el IPK⁹ de 1.20 a 1.43 de manera sostenible, es decir una mejora del 18%.

Los operadores que permanecían más de dos años en la empresa, bajaban su producción, esto en parte se debía, a que ya conocían muy bien los controles de la empresa y adquirían destrezas en evadirlos, por ello su productividad disminuía ostensiblemente.

Jornadas de trabajo superiores a nueve (9) horas diarias, hacían disminuir de manera sensible el número de pasajeros recogidos en promedio por recorrido. Los buses manejados por turnos de dos (2) operadores al día, presentaron los mayores niveles de producción de pasajeros diarios.

En cuanto a la variabilidad durante el año de las rutas transversales, se encontró que la demanda permanece homogénea, se evidencian dos meses diferentes, como son enero y diciembre; por tratarse de rutas que tienen un tipo

de usuarios muy diverso, es decir, no solo son utilizadas por motivo estudio y trabajo, además de recorrer zonas con diferentes usos del suelo, residencial, comercial, industrial, etc., mantienen una generación de viajes relativamente constante durante el año, viéndose afectado tan solo por el periodo de vacaciones de enero, y la temporada de fin de año.

Las rutas radiales presentan un patrón de demanda muy diferente al anterior, por ser líneas que unen la periferia de la ciudad con la parte céntrica, que es generadora de viajes con motivo estudio y trabajo principalmente, tiene una gran influencia de los periodos de vacaciones estudiantiles y laborales, por esto en los meses de enero, junio y diciembre hay una importante disminución de la demanda, así como en el mes que contiene la Semana Santa.

Mientras que el mercado del transporte colectivo de pasajeros siga bajo la figura de competencia en el mercado, pretender que con un diseño técnico del plan de rodamiento de la flota se pueda hacer más rentable el negocio, es errado. Hasta el momento que exista una real competencia por el mercado, las empresas de transporte podrán orientarse hacia una programación técnica de sus itinerarios.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de las Directivas de la Alianza Sat S.A., por facilitar el uso de la información y el desarrollo de la investigación en su flota, y al Director de la Investigación.

Bibliografía

Alcaldía Mayor de Bogotá., Decreto 114 de 2003: Por el cual se adoptan medidas para garantizar la seguridad del transporte y la adecuación de los contratos de vinculación a su marco., Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Alcaldía Mayor de Bogotá., Decreto 115 de 2003: Por medio del cual se establecen criterios para la reorganización del transporte público colectivo en el distrito capital., Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Alcaldía de Manizales-Colombia y Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales., Informe Final: plan de movilidad para el municipio de Manizales, Manizales, Colombia, 2005.

Cámara de Comercio de Bogotá., Colombia, Disponible en: www.ccb.org.co

Documento Conpes 3167., Departamento Nacional de Planeación, Bogotá D.C., Colombia, 2002.

Elazar, D., Memorias del curso: La organización y administración de empresas de transporte público de pasajeros., Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Logit & Logitrans., Asistencia técnica a la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá para la reorganización del transporte público colectivo., Contrato PNUD-COL-0123-2003, Bogotá D.C., Colombia, 2003

Mckinsey & Company., Consultoría gerencial: Reorganización de transporte público para la ciudad de Bogotá., Alcaldía Mayor de Bogotá, Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Molinero, A y Sánchez, I., Transporte público: planeación, diseño, operación y administración., Secretaría de transportes y vialidad, México, D.F., 1996, pp. 264.

Pontificia Universidad Javeriana., Memorias del curso: Gerencia para empresas de transporte público colectivo., Bogotá D.C., Colombia, 2004.

Regueros, F., Reflexiones sobre el transporte urbano., Primera edición, Bogotá D.C., Colombia, 1995, pp. 40.

Secretaría de Tránsito y Transporte., Informes técnicos de la reorganización del transporte público colectivo de Bogotá. STT., Bogotá D.C., Colombia, 2003.

Steer Davis Gleave., Informe Final de la estructuración técnica sistema Transmilenio - Bogotá D.C., Disponible en: www.steerdaviesgleave.com, 1999.

⁹ IPK: índice de pasajeros por kilómetro