

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE ECONOMÍA

**CONTRATOS E INCENTIVOS CONTRACTUALES EN LOS
CONTRATOS DE CONCESIÓN DE TRANSMILENIO**

ASESOR: Dairo Estrada

Presentado por: Lucas Rodríguez, 200418373

18 de Julio de 2006

CONTRATOS E INCENTIVOS CONTRACTUALES EN LOS CONTRATOS DE CONCESIÓN DE TRANSMILENIO

1 Índice

1	Índice	2
2	Introducción.....	3
3	Breve descripción de los contratos y el sistema de pagos de TransMilenio.....	5
3.1	Descripción General del Sistema.....	5
3.2	Los Contratos de Operación Troncal.....	6
4	El Modelo	10
4.1	Supuestos generales a los modelos.....	11
4.2	Modelo con dos niveles de esfuerzo:.....	12
4.3	Modelo con tres niveles de esfuerzo:	16
4.4	Resultados.....	20
5	Estimación Econométrica.....	21
5.1	Modelo de Datos de Panel	25
5.2	Costo del esfuerzo de calidad y función de utilidad del regulador.....	30
6	Conclusiones.....	32
7	Bibliografía.....	35
	Anexo 1: Tipos De Multas Y Costos De Multas	37
	Anexo 2: Estadística Descriptiva.....	41

2 Introducción

Desde hace cerca de 5 años Bogotá ha visto cómo parte del sistema de transporte público se ha revolucionado. Esta revolución se basa en un Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM), TransMilenio, que funciona como un Sistema de Buses Rápidos con Carriles Segregados (BRT por sus siglas en inglés).

Actualmente el Sistema cuenta con 850 buses articulados, 430 buses alimentadores, 114 estaciones, y moviliza 120.876 pasajeros por cada hora de operación¹. Adicionalmente a esto, hoy está en proceso de estructuración la Fase III del sistema que comprenderá las carreras 10ª y 7ª, la Calle 26 y la Avenida Boyacá. Dicha fase necesitará al menos tres nuevos operadores troncales que deberán firmar los respectivos contratos de operación de manera similar a como lo han hecho los operadores de las Fases I y II.

Adicionalmente, hoy en día se encuentran en implementación varios SITM similares a TransMilenio en varias ciudades del país entre las que se cuentan, Cali, Medellín, Pereira, Barranquilla y Cartagena.

A pesar de los innumerables estudios que se han hecho sobre el Sistema, la mayoría de estos se basan en la evaluación económica del proyecto como tal². Por su parte estudios hechos por la Contraloría Distrital, entre otros, se basan en la viabilidad de TRANSMILENIO S.A. como empresa. Los estudios hechos hasta ahora, tal y como se muestra, son juzgamientos a la calidad del proyecto y del Sistema, restando importancia a los aportes que puedan hacerse para mejorar la calidad del servicio.

Este trabajo pretende realizar un estudio basado en la teoría de la agencia y los incentivos a los contratos de operación troncal del Sistema TransMilenio, en el sistema de multas y

¹ Datos tomados de http://www.transmilenio.gov.co/transmilenio/frameset_gneral.htm el 16 de julio de 2006.

² Echeverry, J., et. al (2004), Abril, J., et. al 2005.

pagos de dichos contratos, con el fin evaluar los incentivos a la calidad que se deja a los contratos para regular.

Dicho análisis es fundamental en cuanto que una de las características del Sistema TransMilenio ha sido mejorar sensiblemente la calidad del transporte urbano colectivo de pasajeros dentro de su área de influencia, sin aumentar sensiblemente el precio que deben pagar los usuarios, quienes deben costear un tiquete que no tiene ningún subsidio externo. Así, es necesario que los contratos otorguen incentivos para mantener altos niveles de calidad en el servicio sin que el precio pagado a los operadores sea tal que aumente la tarifa al usuario de manera excesiva.

El trabajo se divide en cuatro partes. En la primera parte se realiza una breve descripción del sistema y se hace una revisión del marco económico de los contratos.

En la segunda parte desarrollan dos modelos teóricos del tipo principal-agente para evaluar el tipo de contrato óptimo en términos de incentivos para los operadores del sistema troncal. En dichos modelos se supone que el agente es el operador, el cual es neutral al riesgo, mientras que el principal es averso. El primer modelo utiliza dos niveles de esfuerzo, con el fin de mostrar un contrato óptimo, tomando como dado que la calidad tiene un costo bajo³ para el operador (agente). El segundo modelo toma tres niveles de esfuerzo, lo cual evalúa el contrato para casos donde la calidad tiene un costo alto para el operador.

En la tercera parte se evalúa la existencia de riesgo moral en los contratos de operación, mediante una serie de pruebas econométricas, y se realizan pruebas con el fin de verificar si los contratos tienen concordancia con los resultados obtenidos en la primera parte. En la cuarta y última parte se concluye.

³ Se entiende como costo bajo un mundo donde el nivel máximo de esfuerzo posible es eficiente económicamente para la sociedad en su conjunto.

3 Breve descripción de los contratos y el sistema de pagos de TransMilenio

En este aparte se hace una descripción del funcionamiento del Sistema TransMilenio, haciendo énfasis en el funcionamiento del Sistema Troncal, y los contratos firmados por dichos operadores.

3.1 Descripción General del Sistema

El Sistema TransMilenio es un sistema de buses tronco-alimentado con carriles segregados, que tiene una tarifa integrada que incluye los costos de los cinco tipos de agentes que tiene el sistema.

El Sistema TransMilenio tiene dos tarifas: una, la tarifa técnica, con la cual se remunera a todos los agentes del Sistema; y dos, la tarifa al usuario, que, como su nombre lo dice es el costo del tiquete que los usuarios pagan por montar en el Sistema. La tarifa técnica está diseñada para ser una tarifa de equilibrio, que refleje los costos reales de operación del Sistema, y se calcula de acuerdo a fórmulas contractuales, a las tarifas ofertadas y actualizadas por los agentes del Sistema y a los datos de la operación del Sistema durante el último periodo. La tarifa al usuario es competencia del alcalde de Bogotá, y tiende a ser una aproximación a un múltiplo de 100 de la tarifa técnica.

La remuneración a los agentes se hace de acuerdo a distintas variables de acuerdo con el tipo de agente. De esta forma a los operadores troncales se les remunera de acuerdo a los kilómetros recorridos, a los operadores de alimentación según el número de pasajeros alimentados, a los agentes de recaudo de acuerdo al número de pasajes vendidos y a los agentes restantes (el agente fiduciario y TRANSMILENIO S.A.) se les remunera un porcentaje fijo de los ingresos totales del Sistema. Así, el pago efectivo a cada agente es el número de unidades proveídas de acuerdo a su contrato y la tarifa ofertada y actualizada. De esta forma se garantiza el equilibrio entre ingresos y egresos del Sistema, y por tanto la auto-sostenibilidad de este.

3.2 Los Contratos de Operación Troncal

Con el fin de mantener una tarifa al usuario baja y un alto nivel de calidad, los operadores troncales son escogidos por medio de licitaciones públicas, en las que se evalúan los siguientes aspectos: aptitud legal, experiencia nacional e internacional en operación, capacidad económica, oferta económica, origen de flota y desempeño ambiental.

Tal y como se puede ver en la Tabla 1, el sistema de elección tiene factores de calificación específicos que, si bien se han variado su participación dentro del total del puntaje a obtener, son consecuentes con los principios de auto-sostenibilidad del sistema y competitividad de la tarifa al usuario enunciados en el marco económico de los contratos de concesión del Sistema.

Tabla 1: Composición del Puntaje para Elección de Operadores Troncales Sistema TransMilenio

Factor de Calificación	Porcentaje de Participación en el Puntaje	
	Fase I	Fase II
Aptitud Legal	Elegible / No Elegible	Elegible / No Elegible
Capacidad Económica	13%	Elegible / No Elegible
Flota en Operación Transporte Público	23%	11%
Experiencia Corredores	10%	19%
Experiencia Internacional	4%	4%
Propuesta Económica	33%	26%
Derecho de Explotación		Elegible / No Elegible
Valoración de la Participación	N/A	4%
Desintegración	N/A	4%
Composición Accionaria	N/A	15%
Oferta Ambiental	13%	15%
Procedencia de Flota	4%	4%
Total	100%	100%

Fuente: TRANSMILENIO S.A. Pliegos Licitación Pública 001 de 1999, TRANSMILENIO S.A. Licitación Pública 007 de 2002. Cálculos Propios.

La escogencia de los operadores mediante licitaciones públicas unidas al alto nivel de monitoreo garantizan que la mayoría de las variables que componen la evaluación

tradicional de la calidad del servicio en un sistema de transporte público de pasajeros queden regulados. De esta forma aspectos como una mínima frecuencia, tiempo de viaje y calidad de las estaciones quedan, hasta cierto punto, garantizados, dejando a los contratos la responsabilidad de garantizar altos niveles de calidad en otros aspectos como son medio ambiente, calidad de los vehículos, cumplimiento de las tablas de operación, trato a los usuarios y cuestiones administrativas⁴. La forma como los contratos de operación troncal regulan el nivel de calidad para los factores mencionados es mediante un sistema de multas y bonificaciones.

El sistema de multas y bonificaciones utiliza un sistema por el cual las multas cobradas a los operadores van a un fondo para repartirse a su vez a los operadores como bonificaciones. Como muestra Holmstrom (1982) al no existir un ambiente donde los resultados de calidad dependan de los otros agentes (no existe un problema de colinchamiento), dicho sistema no es óptimo, pues liga el comportamiento de los agentes causando que se den resultados subóptimos. Sin embargo este punto es, en principio, de fácil resolución pues la abolición de dicho fondo terminaría con el problema.

De esta forma el pago efectivo a los operadores troncales está dado por el pago recibido por la participación en los ingresos del Sistema menos las multas cobradas, mas las bonificaciones recibidas.

3.2.1 El Sistema de Pagos a los Operadores Troncales

Dado que los incentivos a la calidad que se dejan para regular en el contrato propiamente dicho, están dados por el sistema de pagos, se hace necesario hacer una descripción mas detallada del funcionamiento del mismo.

Los contratos firmados con los operadores troncales del Sistema TransMilenio especifican un pago mixto. Dicho pago se da por la apropiación residual de los ingresos del Sistema

⁴ El listado completo de la multas puede encontrarse en el Anexo 1

que reciben los operadores troncales, mediante el cual asumen el riesgo de demanda del mismo. La repartición de este dinero entre los distintos operadores se da de acuerdo a su participación dentro del costo troncal⁵, es decir el producto de la tarifa por kilómetro, el número de kilómetros recorridos y el factor de ajuste por velocidad, dividido por la sumatoria de dicho producto para todos los operadores. Dado que la tarifa técnica está diseñada para ser una tarifa de equilibrio puede pensarse erróneamente que el pago residual debe ser igual a la tarifa de cada operador troncal multiplicado por el número de kilómetros recorridos por dicho operador en el respectivo periodo de tiempo. Sin embargo, dado que la tarifa se calcula de manera mensual y los pagos son realizados de forma semanal, las dos cantidades tienden a diferir.

Uno de los principales determinantes del costo por pasajero y por tanto de la tarifa técnica es la relación entre pasajeros transportados y el número de kilómetros. A medida que aumenta el número de pasajeros por kilómetro recorrido, el costo por cada pasajero tiende a disminuir en la misma proporción. Sin embargo, existen límites contractuales, que especifican una franja determinada de pasajeros por kilómetro por fuera de la cual el efecto sobre el costo por pasajero no se ve reflejado sobre la tarifa. Esto ocasiona que, por fuera de dicha franja, los operadores troncales, que reciben el pago residual, asuman las ganancias de la disminución en el costo por pasajero (cuando el número de pasajeros por kilómetro está por encima del límite superior) o las pérdidas del aumento en dicho costo (cuando el número de pasajeros por kilómetro está por debajo del límite inferior).

La diferencia positiva entre los ingresos y los costos del Sistema, creada por el límite superior en la relación de pasajeros por kilómetro, ocasiona que una demanda alta aumente los ingresos de los operadores troncales como grupo, lo cual los induce a competir por una mayor participación en dichos ingresos. Con este fin los operadores tratan de maximizar los kilómetros recorridos, situación que, si bien puede ser controlada por TRANSMILENIO S.A. mediante la programación de los kilómetros recorridos, puede estar creando incentivos

⁵ Se entiende por costo troncal la sumatoria para todos los operadores troncales del producto de la tarifa por kilómetro ofertada y actualizada, el número de kilómetros recorridos en el periodo y el factor de ajuste por velocidad.

para que se disminuya la calidad del servicio desde el punto de vista netamente contractual. Esto también puede ocasionar, una vez más, que el comportamiento de los agentes se vea influenciado por el comportamiento del grupo, (Holmstrom, 1982) ocasionando que los resultados de la maximización de las utilidades por parte de los operadores troncales den resultados subóptimos para TRANSMILENIO S.A.

Como se expuso atrás, la calidad dentro de los contratos se regula por un sistema de multas que especifica las infracciones y el costo de cada una (ver Anexo 1). Con este sistema se debe establecer una compatibilidad de incentivos, en el sentido que se debe proveer a los operadores troncales de incentivos económicos suficientes para que mantengan estándares altos sobre el mantenimiento de los vehículos, trato a los usuarios y cuestiones administrativas, revirtiendo los incentivos dados por la función de costos de los operadores. El sistema de multas tiene, además, una restricción de responsabilidad limitada, que especifica un límite máximo del 5% de los ingresos de cada operador, al valor que puede llegar a pagar como multas. De esta forma, las multas solo pueden variar en un rango de entre el 0 y el 5% de los ingresos totales de los operadores troncales, limitando los incentivos otorgados a los operadores.

Las bonificaciones se hacen por medio de fórmulas contractuales, que miden la puntualidad, la regularidad y el grado de satisfacción de los usuarios. Así, los fondos que estén acumulados dentro del “Fondo de Multas y Bonificaciones” se reparten entre los operadores que tengan un desempeño sobresaliente en dichos campos de acuerdo a lo establecido en los contratos de operación.

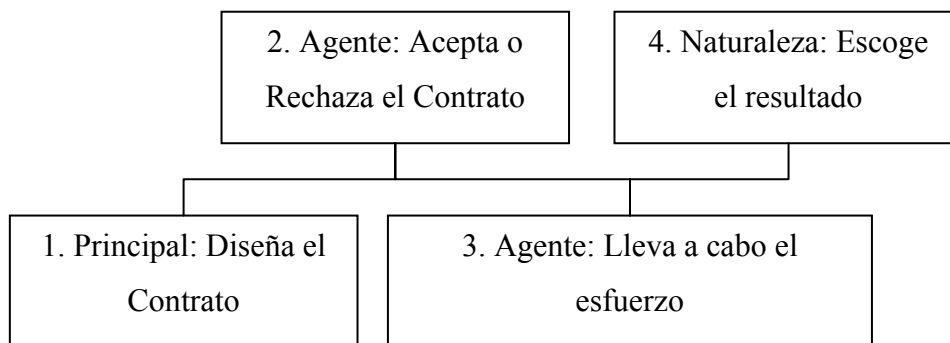
En esta sección se ha expuesto brevemente el funcionamiento del Sistema TransMilenio, así como el esquema de incentivos que crean los contratos de operación troncal. Se ha mostrado como los contratos ligan, innecesariamente, los pagos a los distintos operadores, creando ineficiencias dentro del Sistema. Sin embargo este es un problema trivial, pues es solucionable mediante un desligamiento de los pagos. Mas complejos son los incentivos creados por el sistema de multas, pues este cumple con la condición inicial para mantener desligados los pagos a los agentes.

4 El Modelo

En este aparte se utiliza un modelo de teoría de la agencia con el fin de obtener lo que serían los contratos óptimos, dadas las restricciones impuestas por los contratos, para analizar los contratos. Se desarrollan dos modelos principal-agente similares con un principal (TRANSMILENIO S.A.) y un único agente⁶ (un operador troncal), donde varía la forma en que se realiza el esfuerzo. En el primer el agente escoge entre dos esfuerzos, alto y bajo. En el segundo el agente puede escoger entre tres esfuerzos, alto, medio y bajo.

Los modelos desarrollados son una variación del modelo de principal-agente expuesto en Macho⁷. Ambos modelos tienen dos agentes, un principal y un agente. El principal tiene como problema maximizar su utilidad sujeto a una restricción de participación del agente y a una o dos restricciones de compatibilidad de incentivos (dependiendo del modelo).

Ilustración 1: Tiempos del Contrato



Tal y se muestra en la Ilustración 1, en el primer momento el principal diseña el contrato y lo ofrece al agente. En el segundo momento el agente acepta o rechaza el contrato. En el tercer momento el agente escoge el nivel de esfuerzo a realizar. En el cuarto momento la

⁶ Como se demuestra en el teorema 7 de Holmström (1982), si los resultados de calidad de los agentes son independientes, el pago de cada agente debe hacerse sólo con respecto a su propio rendimiento.

⁷ Macho-Stadler, I., et. al. (1997).

naturaleza escoge el estado del mundo estocásticamente, de acuerdo al nivel de esfuerzo llevado a cabo por el agente, y se llevan a cabo los pagos a todos los agentes.

4.1 Supuestos generales a los modelos

1. El principal (TRANSMILENIO S.A.), como representante de los usuarios, es averso al riesgo.
2. El operador es neutral al riesgo.
3. La calidad (ψ) se representa como un valor monetario.
4. Función de utilidad del principal: La función de utilidad del principal está determinada por dos variables. Estas tres variables son: el nivel de calidad proveído por el operador expresado como unidades monetarias (ψ_i), el pago realizado al operador (X) y una fracción ρ de las multas cobradas al agente. La función de utilidad es entonces de la forma:

$$U(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) \quad U'(\cdot) \geq 0 \quad U''(\cdot) \leq 0$$

Donde:

ψ_i : Nivel de calidad i .

X : Pago al operador por kilómetros (pago global sin multas).

5. Función de Beneficio del agente: La función de beneficio del operador está compuesta por tres variables, a saber: El pago recibido del principal por los kilómetros recorridos (X), la pérdida de efectivo (el valor efectivo de las multas $M(\psi_i)$), y el costo de llevar a cabo determinado nivel de esfuerzo. Dado que suponemos que los operadores son neutrales al riesgo tenemos:

$$\Pi(X, M(\psi_i), C(e)) = X - M(\psi_i) - C(e)$$

e : Esfuerzo ejercido por el operador.

C : Costo del operador. $C'(\cdot) \geq 0$ $C''(\cdot) \geq 0$ C es convexa en el esfuerzo.

6. Las multas no pueden ser menores a cero ni mayores a una porción α de los ingresos. ($\alpha \in [0,1]$). Este supuesto refleja la condición “*limited liability*”, para el principal, así como que las multas no pueden ser menores a cero.
7. Los resultados están ordenados de menor a mayor, siendo $i=1$ (ψ_1) el escenario con el mínimo de calidad posible, y $i=N$ (ψ_N) el escenario con mayor nivel de calidad.

4.2 Modelo con dos niveles de esfuerzo:

En este modelo se pretende llegar a la descripción de un contrato óptimo mediante la resolución del problema del principal descrito atrás. Acá, el agente puede escoger realizar dos niveles de esfuerzo (alto y bajo). Con un nivel alto de esfuerzo la probabilidad de que se den buenos escenarios del mundo es mas alta que con un esfuerzo bajo, pero el costo para el agente de llevar a cabo un esfuerzo alto es mayor que el costo de llevar a cabo un esfuerzo bajo.

4.2.1 Supuestos:

1. Existen dos niveles de esfuerzo e^H (esfuerzo alto), y e^L (esfuerzo bajo). La probabilidad que se de el escenario i dado que el operador llevó a cabo el esfuerzo alto (bajo) es P_i^H (P_i^L).
2. El principal prefiere que se ejecute el esfuerzo alto al esfuerzo bajo.
3. P_i^H domina estocásticamente a P_i^L .

4.2.2 El problema:

Para que el contrato sea efectivo se deben cumplir las restricciones de racionalidad del agente (o restricción de participación), y la restricción de compatibilidad de incentivos. La restricción de racionalidad del agente es:

$$(\mathbf{IP})_A: \sum_{i=1}^N P_i^H [X - M(\psi_i)] - C(e^H) \geq 0$$

La restricción de compatibilidad de incentivos es:

$$\sum_{i=1}^N P_i^H [X - M(\psi_i)] - C(e^H) \geq \sum_{i=1}^N P_i^L [X - M(\psi_i)] - C(e^L)$$

Reordenando:

$$(\mathbf{IR})_P: \sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^H)M(\psi_i)] \geq C(e^H) - C(e^L)$$

De esta forma, el problema del principal es maximizar su utilidad sujeto a las dos restricciones anteriores. Así:

$$\begin{aligned}
& \underset{\{M(\psi_i)\}_{i=1,2,\dots,N}}{\text{Max}} \sum_{i=1}^N P_i^H U(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) \\
& \text{s.a} \\
& \sum_{i=1}^N P_i^H [X - M(\psi_i)] - C(e^H) \geq 0 \quad \text{(IP)} \\
& \sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^H) M(\psi_i)] \geq C(e^H) - C(e^L) \quad \text{(IR)}
\end{aligned}$$

Al plantear el lagrangeano y derivando con respecto a las multas tenemos la condición de primer orden:

$$\text{(CPO)} \quad \rho P_i^H U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) - \lambda P_i^H - \mu(P_i^L - P_i^H) = 0$$

λ : Multiplicador de la restricción de participación.

μ : Multiplicador de la restricción de compatibilidad de incentivos.

Reordenando:

$$\rho P_i^H U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \lambda P_i^H + \mu(P_i^L - P_i^H)$$

Sumando para todo i :

$$\rho \sum_{i=1}^N P_i^H U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \lambda$$

Se deduce entonces que la restricción de participación está saturada.

Arreglando la condición de primer orden tenemos:

$$\rho U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \lambda + \mu \left(\frac{P_i^L}{P_i^H} - 1 \right)$$

De esta ecuación hay dos posibles casos: en el primero μ es igual a cero, lo que deja a la utilidad marginal como constante. El segundo se tiene un μ mayor a cero, por lo cual la restricción de compatibilidad de incentivos está saturada. Tratamos entonces los dos casos por separado.

4.2.2.1 μ igual a cero:

Si μ es igual a cero, la expresión del lado derecho debe ser constante, por lo tanto, y dado que la expresión es creciente y cóncava en todo su dominio, tenemos que el nivel de utilidad del principal debe ser constante y por tanto se debe cumplir que:

$$\begin{aligned}\psi_i - X + \rho M(\psi_i) &= k \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, N\} \\ M(\psi_i) &= \frac{k + X - \psi_i}{\rho} \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, N\}\end{aligned}$$

Donde k es una constante. Reemplazando esto en la función de beneficios del operador:

$$\Pi = \frac{X(\rho - 1)}{\rho} + \frac{\psi_i - k}{\rho} - C(e) \quad \forall i \in \{1, 2, \dots, N\}$$

De esta forma puede verse que el operador asume la totalidad del riesgo asociado a la calidad del servicio.

Sin embargo, tenemos que, por restricciones contractuales, las multas no pueden ser mayores a una porción α de los ingresos brutos del operador. Por tanto la función $M(\psi_i)$ debe ser de la siguiente forma:

$$M(\psi_i) = \begin{cases} 0 & \{\forall i | \psi_i \geq k + X\} \\ \frac{k + X - \psi_i}{\rho} & \{\forall i | k + X \geq \psi_i \geq k + X(1 - \alpha\rho)\} \\ \alpha X & \{\forall i | \psi_i \leq k + X(1 - \alpha\rho)\} \end{cases}$$

Debe existir un nivel de calidad ψ_{\min} tal que $\psi_{\min} = k + X(1 - \alpha\rho)$, de modo que desde el nivel de calidad 1 hasta dicho nivel las multas al operador serán iguales a αX . A su vez debe existir un nivel de calidad ψ_{\max} por encima del cual las multas sean cero:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{\min} P_i^H [X - \rho\alpha X] + \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^H [X - M(\psi_i)] + \sum_{i=\max+1}^N P_i^H X - C(e^H) \geq \\ \sum_{i=1}^{\min} P_i^L [X - \rho\alpha X] + \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^L [X - M(\psi_i)] + \sum_{i=\max+1}^N P_i^L X - C(e^L)\end{aligned}$$

Reorganizando términos tenemos:

$$\begin{aligned}\rho\alpha X \sum_{i=1}^{\min} P_i^H + \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^H M(\psi_i) + C(e^H) \leq \rho\alpha X \sum_{i=1}^{\min} P_i^L + \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^L M(\psi_i) + C(e^L) \\ \rho\alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^H - P_i^L) + \sum_{i=\min+1}^{\max} (P_i^H - P_i^L) M(\psi_i) \leq C(e^L) - C(e^H)\end{aligned}$$

Utilizando el valor de M, y ordenando:

$$\rho\alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^H - P_i^L) + \sum_{i=\min+1}^{\max} (P_i^H - P_i^L) \left(\frac{k + X - \psi_i}{\rho} \right) \leq C(e^L) - C(e^H)$$

$$\rho\alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^L - P_i^H) \geq C(e^H) - C(e^L) - \left(\frac{k+X}{\rho}\right) \sum_{i=\min+1}^{\max} (P_i^H - P_i^L) \psi_i$$

$$\alpha \geq \frac{C(e^H) - C(e^L) - \left(\frac{k+X}{\rho}\right) \sum_{i=\min+1}^{\max} (P_i^H - P_i^L) \psi_i}{\rho X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^L - P_i^H)}$$

Como puede verse, α tiene un valor mínimo por debajo del cual no es posible que se cumpla la restricción de compatibilidad de incentivos, y por tanto no puede haber un contrato con incentivos a la calidad, luego todo el sistema de multas sería ineficiente.

$$\alpha \geq \frac{C(e^H) - C(e^L) - \left(\frac{k+X}{\rho}\right) \sum_{i=n+1}^{\max} (P_i^H - P_i^L) \psi_i}{\rho X \sum_{i=1}^n (P_i^L - P_i^H)}$$

También se puede ver que el valor mínimo de α es igual a la diferencia de los costos totales para el operador de llevar a cabo el esfuerzo alto y el esfuerzo bajo, dividido sobre la diferencia en la probabilidad de tener multas por un valor igual a αX . De esta forma, entre más bajo sea α la probabilidad de que la calidad esté por debajo de ψ_j , aumenta, y por tanto los incentivos para llevar a cabo el esfuerzo alto son más bajos, hasta que es imposible que existan. Así, la existencia de un α limitan el intervalo en el que existe un contrato que pueda alinear los incentivos del agente con los incentivos del principal.

4.2.2.2 μ mayor a cero

Si μ es distinto de cero, la restricción de compatibilidad de incentivos está saturada y por tanto se debe cumplir que:

$$\sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^H) M(\psi_i)] = C(e^H) - C(e^L)$$

Dado que la restricción sobre las multas se mantienen ($0 \leq M(\psi_i) \leq \alpha X$), siguen existiendo los valores ψ_{\min} y ψ_{\max} tal que las multas sean αX y 0 respectivamente. De esta forma de la restricción de compatibilidad de incentivos tenemos:

$$\sum_{i=1}^{\min} [(P_i^L - P_i^H) \alpha X] + \sum_{i=\min+1}^{\max} [(P_i^L - P_i^H) M(\psi_i)] = C(e^H) - C(e^L)$$

Despejando U' en la condición de primer orden tenemos que:

$$U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \frac{\lambda}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{P_i^L}{P_i^H} - 1 \right)$$

$$M(\psi_i) = \frac{U' \left(\frac{\lambda}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{P_i^L}{P_i^H} - 1 \right) \right) + X - \psi_i}{\rho}$$

Aplicando las restricciones sobre el nivel de multas tenemos:

$$M(\psi_i) = \begin{cases} 0 & \{\forall i | \psi_i \geq U'(\bullet) + X\} \\ \frac{U' \left(\frac{\lambda}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{P_i^L}{P_i^H} - 1 \right) \right) + X - \psi_i}{\rho} & \{\forall i | U'(\bullet) + X \geq \psi_i \geq U'(\bullet) + X(1 - \rho\alpha)\} \\ \alpha X & \{\forall i | \psi_i \leq U'(\bullet) + X(1 - \rho\alpha)\} \end{cases}$$

$$U'(\bullet) = U' \left(\frac{\lambda}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{P_i^L}{P_i^H} - 1 \right) \right)$$

Se puede ver que los dos casos (con la restricción de compatibilidad de incentivos saturada o sin saturar), los resultados son similares, y ambas tienen un valor mínimo de α por debajo del cual la restricción de compatibilidad de incentivos no se cumple.

En los dos casos, el riesgo por la calidad se deja en una gran parte a los agentes, enunciando uno de los principios básicos en la teoría de contratos. El riesgo lo debe asumir quien tiene mejores herramientas para mitigarlo.

También es importante observar que el hecho de que el principal se lleve una proporción de las multas menor a uno, causa que las multas deban tener una pendiente mayor, ya que el agente debe mitigar una parte de la pérdida de efectivo que se causa.

4.3 Modelo con tres niveles de esfuerzo:

Con el modelo con tres niveles de esfuerzo se pretende tener la forma del contrato óptima en los casos en que existen niveles de esfuerzo que son excesivamente costosos para el agente y por tanto el costo de dar incentivos a los agentes para que lleven a cabo dicho nivel de esfuerzo es excesivamente alto.

Como en el numeral anterior, la probabilidad de que se den los buenos estados del mundo es mayor con esfuerzo alto que con esfuerzo medio y es mayor con esfuerzo medio que con esfuerzo bajo. Una vez más, el agente escoge que esfuerzo llevar a cabo de acuerdo con los incentivos que le otorguen dentro del contrato.

Un ejemplo del caso donde hay niveles de esfuerzo ineficientemente altos, aplicado al caso específico de TransMilenio, radica en las multas por medio ambiente, donde se podría dar que unas multas excesivas dieran incentivos a los operadores troncales a importar diesel de calidad internacional, mucho más puro que el diesel producido y comercializado por ECOPETROL, pero mucho más costoso.

4.3.1 Supuestos:

1. Existen tres niveles de esfuerzo e^H (esfuerzo alto), e^M (esfuerzo medio) y e^L (esfuerzo bajo). La probabilidad que se de el escenario i dado que el operador llevó a cabo el esfuerzo alto es P_i^H para el esfuerzo alto, P_i^M para el esfuerzo medio, y P_i^L para el esfuerzo bajo.
2. P_i^H domina estocásticamente a P_i^M y P_i^M domina estocásticamente a P_i^L .
3. En este caso suponemos que $C(e^H)$ es excesivamente alto y esta información es conocida por el principal, de modo que este prefiere un nivel de esfuerzo medio.

4.3.2 El problema:

Para que el contrato sea efectivo se deben cumplir las restricciones de racionalidad del agente (o restricción de participación), y las restricciones de compatibilidad de incentivos.

La restricción de racionalidad del agente es:

$$(\mathbf{IP})_A \quad \sum_{i=1}^N P_i^M [X - M(\psi_i)] - C(e^M) \geq 0$$

La restricción de compatibilidad de incentivos está compuesta por dos ecuaciones:

$$\sum_{i=1}^N P_i^M [X - M(\psi_i)] - C(e^M) \geq \sum_{i=1}^N P_i^H [X - M(\psi_i)] - C(e^H)$$

$$\sum_{i=1}^N P_i^M [X - M(\psi_i)] - C(e^M) \geq \sum_{i=1}^N P_i^L [X - M(\psi_i)] - C(e^L)$$

Reorganizando:

$$\text{(IR)}_P \quad \sum_{i=1}^N [(P_i^H - P_i^M)M(\psi_i)] \geq C(e^M) - C(e^H)$$

$$\sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^M)M(\psi_i)] \geq C(e^M) - C(e^L)$$

De esta forma, el problema del principal es maximizar su utilidad sujeto a las dos restricciones anteriores. Así:

$$\text{Max}_{\{M(\psi_i)\}_{i=1,2,\dots,N}} \sum_{i=1}^N P_i^M U(\psi_i - X + \rho M(\psi_i))$$

s.a

$$\sum_{i=1}^N P_i^M [X - M(\psi_i)] - C(e^M) \geq 0 \quad \text{(IP)}$$

$$\sum_{i=1}^N [(P_i^H - P_i^M)M(\psi_i)] \geq C(e^M) - C(e^H) \quad \text{(IR)}$$

$$\sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^M)M(\psi_i)] \geq C(e^M) - C(e^L)$$

Planteando el lagrangeano:

$$L = \sum_{i=1}^N P_i^M U(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) + \lambda \left[\sum_{i=1}^N P_i^M [X - M(\psi_i)] - C(e^M) \right]$$

$$+ \mu \left[\sum_{i=1}^N [(P_i^H - P_i^M)M(\psi_i)] - C(e^M) + C(e^H) \right]$$

$$+ \eta \left[\sum_{i=1}^N [(P_i^L - P_i^M)M(\psi_i)] - C(e^M) + C(e^L) \right]$$

λ : Multiplicador de la restricción de participación.

μ : Multiplicador de la restricción de compatibilidad de incentivos para nivel de esfuerzo alto.

η : Multiplicador de la restricción de compatibilidad de incentivos para nivel de esfuerzo bajo.

Derivando con respecto a las multas tenemos la condición de primer orden:

$$(CPO) \quad \rho P_i^M U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) - \lambda P_i^M - \mu(P_i^H - P_i^M) - \eta(P_i^L - P_i^M) = 0$$

Reorganizando:

$$\rho P_i^M U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \lambda P_i^M + \mu(P_i^H - P_i^M) - \eta(P_i^L - P_i^M)$$

Sumando para todo i :

$$\rho \sum_{i=1}^N P_i^M U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \lambda$$

Se deduce entonces que la restricción de participación está saturada.

Reorganizando la condición de primer orden:

$$U'(\psi_i - X + \rho M(\psi_i)) = \frac{\lambda}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{P_i^H}{P_i^M} - 1 \right) + \frac{\eta}{\rho} \left(\frac{P_i^L}{P_i^M} - 1 \right)$$

Al igual que en el caso de dos esfuerzos las multas deben estar en un rango determinado, de forma que:

De la restricción con esfuerzo alto:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\min} [(P_i^H - P_i^M) \alpha X] + \sum_{i=\min+1}^{\max} [(P_i^H - P_i^M) M(\psi_i)] &\geq C(e^M) - C(e^H) \\ \sum_{i=\min+1}^{\max} [(P_i^H - P_i^M) M(\psi_i)] &\geq C(e^M) - C(e^H) - \alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^H - P_i^M) \end{aligned}$$

En esta ecuación se puede ver que la diferencia en las multas esperadas por el operador por llevar a cabo el esfuerzo medio y el esfuerzo alto, en el intervalo donde el nivel de multas es variable, debe ser menor⁸ a la diferencia en los costos totales del operador entre llevar a cabo un esfuerzo medio y un esfuerzo alto.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\min} [(P_i^L - P_i^M) \alpha X] + \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^L M(\psi_i) - \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^M M(\psi_i) &\geq C(e^M) - C(e^L) \\ \sum_{i=\min+1}^{\max} (P_i^L - P_i^M) M(\psi_i) &\geq C(e^M) - C(e^L) - \sum_{i=1}^{\min} [(P_i^L - P_i^M) \alpha X] \end{aligned}$$

⁸ A pesar que la desigualdad muestra que es mayor, debe notarse que la expresión del lado derecho es negativa, ya que $C(e^H)$ es mayor a $C(e^M)$ y la sumatoria es negativa ya que P_i^H domina estocásticamente a P_i^M .

De esta forma se puede ver que, dentro de las ecuaciones resultantes de las restricciones de compatibilidad de incentivos se puede ver que las multas deben estar en un rango determinado tal que:

$$\sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^M M(\psi_i) + C(e^M) \leq \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^H M(\psi_i) + C(e^H) + \alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^H - P_i^M)$$

$$\sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^M M(\psi_i) + C(e^M) \leq \sum_{i=\min+1}^{\max} P_i^L M(\psi_i) + C(e^L) + \alpha X \sum_{i=1}^{\min} (P_i^L - P_i^M)$$

En la primera ecuación, se muestra como las multas para cada nivel de calidad deben ser lo suficientemente bajas como para no contrarrestar la diferencia en costos entre el nivel de esfuerzo medio y alto. En la segunda se muestra como las multas deben ser lo suficientemente grandes como para contrarrestar la diferencia ente el costo de hacer un esfuerzo bajo y un esfuerzo medio, y así lograr mantener el nivel de esfuerzo en medio mediante el esquema de multas.

Es evidente entonces que existe un *trade-off*, en este caso, para lograr mantener el nivel de calidad dentro de cierto rango sin encarecer excesivamente el servicio.

4.4 Resultados

Como se muestra explícitamente en el modelo con dos niveles de esfuerzo, e implícitamente en el modelo con tres niveles, es el operador quien debe asumir el riesgo por la calidad. Esto se muestra en la función de multas del agente, donde salvo la calidad todas las demás variables son constantes independientemente del estado del mundo.

De la misma ecuación podemos ver que la existencia de un ρ menor a uno implica un endurecimiento de las multas, pues la pendiente de las mismas con respecto a la calidad es mayor entre mas cercano a cero sea ρ . En el caso en que ρ es igual a uno, cuando el principal recibe la totalidad de las multas cobrada al agente, la pendiente de la expresión es igual a la pendiente de la calidad.

5 Estimación Econométrica

La posibilidad de probar económicamente la funcionalidad del contrato óptimo no es posible, pues no se cuenta con datos suficientes para ello, ya que no se tienen las funciones de costos de los operadores troncales, ni una función clara de utilidad del principal. Dada esta situación, en esta sección se propone probar dos puntos: el primero es la existencia de un problema de riesgo moral dentro de los contratos de concesión, probando así la pertinencia de un contrato de incentivos para los operadores troncales; la segunda es la posibilidad de que los operadores tengan los incentivos a competir por los kilómetros recorridos utilizando una mayor proporción de la flota que la óptima.

Dentro de la literatura acerca de contratos de transporte no existe, al parecer, ninguna evaluación sobre la existencia de riesgo moral dentro de los contratos. Esto se debe a que los contratos firmados por operadores y entes reguladores, tienden a ser de muy largo plazo, y con grandes operadores que cubren la mayor parte de la demanda por transporte, lo cual hace que las muestras no sean lo suficientemente grandes como para llevar a cabo un análisis importante.

Debido a ello, la mayoría de los trabajos acerca de provisión de incentivos a la calidad, así como sobre optimalidad de los contratos se realizan mediante la comparación de los escenarios antes y después de la firma de los mismos⁹, o mediante un análisis puramente teórico o anecdótico sobre la construcción de los contratos¹⁰.

Todas estas metodologías para la evaluación de la calidad de los contratos del Sistema TransMilenio parecen no ser efectivas, pues una comparación de escenarios antes y después de la firma de los contratos de concesión es en realidad una comparación de escenarios

⁹ Carlquist 2001, 2003; Hensher 2003.

¹⁰ Muren 2000.

antes y después del Sistema TransMilenio en sí mismo y no de los contratos de concesión. Un análisis teórico, se hace en el capítulo anterior, así como por otros¹¹.

Por otra parte, los datos sobre multas para la mayoría de las infracciones tienen un problema de observabilidad. Al ser imposible un sistema de monitoreo perfecto, las multas no reflejan el número total de infracciones cometidas por el operador. Ejemplos de esto se tienen para el caso de emisiones, y manejo brusco, entre otras, donde los costos del monitoreo constante serían excesivamente altos, pues dicho monitoreo obligaría a TRANSMILENIO S.A. a tener un número de mediciones de emisiones y de inspectores de operación muy alto. Esto introduce un sesgo importante a los datos, obligando a prescindir de los datos de multas sobre los que no se tenga una seguridad casi absoluta de que el nivel de monitoreo es del 100%.

Este problema se expone en Chiappori¹² para los contratos de seguros donde no se pueden tomar los datos de choques simples, pues se introduce el mismo sesgo, al tomar solo los choques reportados. Dentro de dicho estudio se adopta una solución al solo tomar en cuenta los choques con heridos, pues estos tienen que ser informados a las aseguradoras por ley.

Un segundo problema con los datos proviene de la imposibilidad de evaluar el riesgo moral dentro de este tipo de infracciones, ya sea porque no es claro que los operadores tengan mayores costos por prevenir dichos comportamientos (como en el caso de los choques), o porque no se tiene información sobre los costos que acarrearán la prevención de dichos comportamientos (como en el caso del labrado mínimo de las llantas).

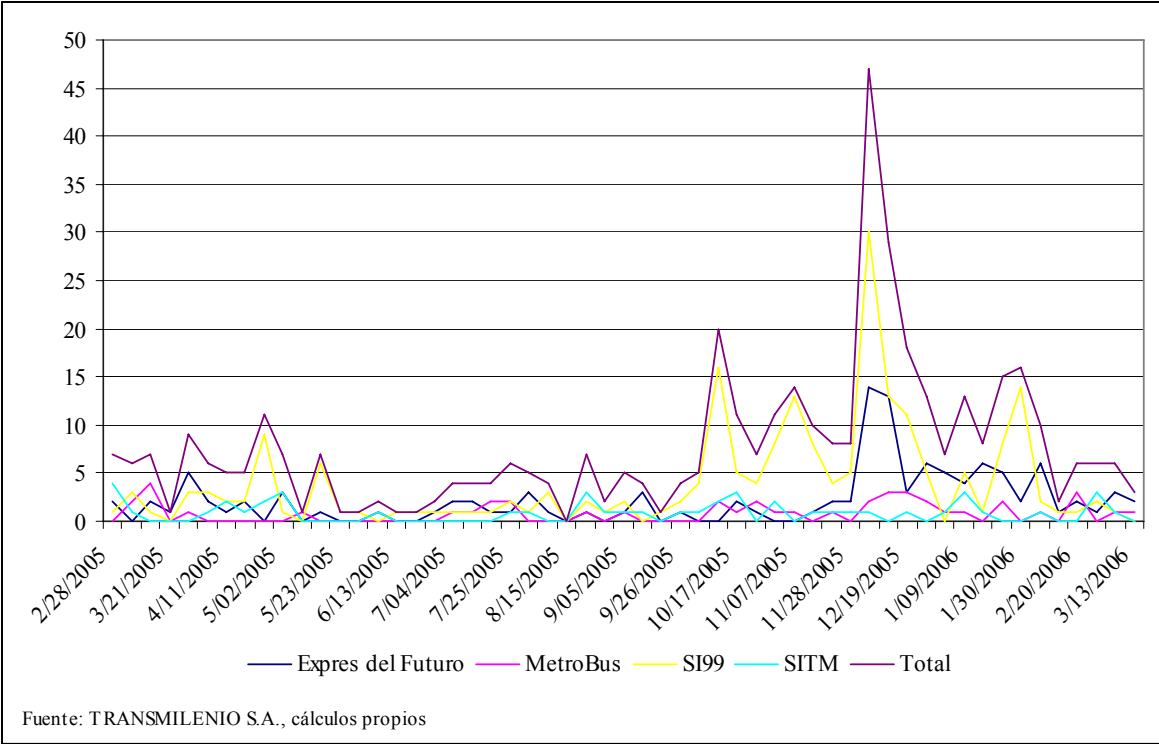
Por los problemas expuestos los tipos de infracciones que se pueden utilizar queda limitado a aquellas que tengan un monitoreo perfecto por parte de TRANSMILENIO S.A., y que se pueda, al menos, intuir el costo de evitar los comportamientos no deseados. Dentro de las infracciones listadas (ver Anexo 1) se pueden observar dos tipos de infracciones que cumplen las dos condiciones: Las “vueltas perdidas”, y el “retraso a la operación”.

¹¹ Ibid.

¹² Chiappori et. al 2000.

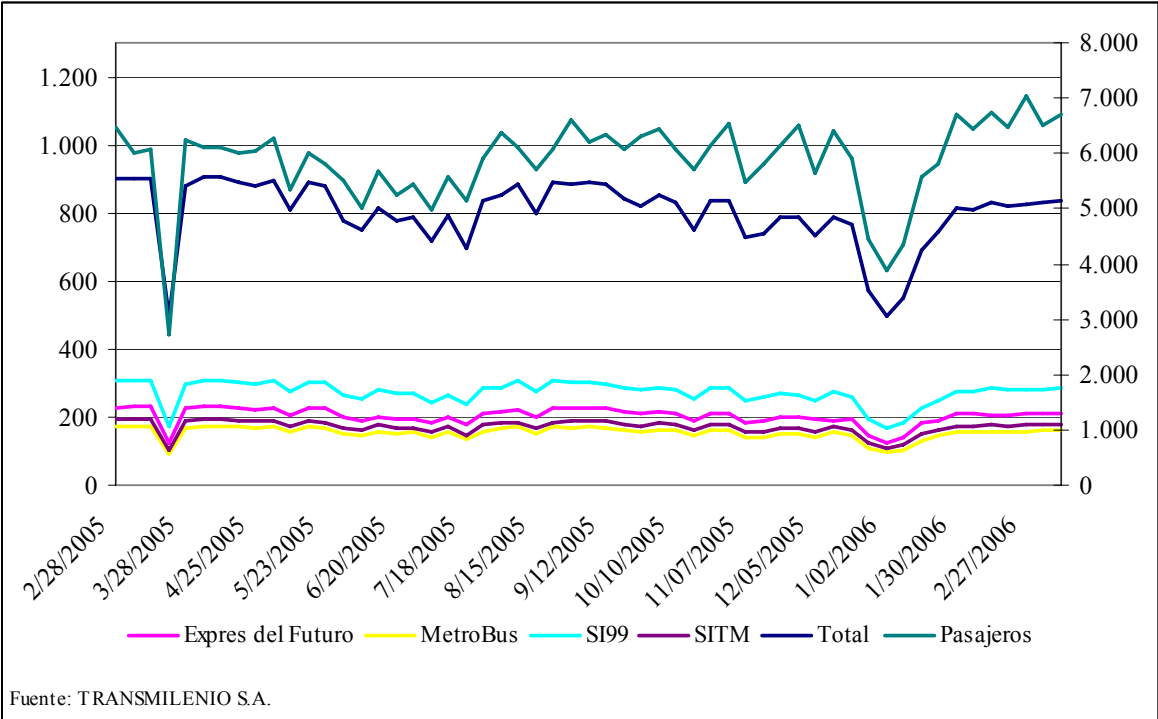
En primer término, la observabilidad de estas infracciones es perfecta dadas las características del Sistema TransMilenio. En segundo término, el comportamiento de las infracciones (Gráfica 1), muestra un comportamiento irregular en las infracciones, con una tendencia a aumentar en las semanas con alta afluencia de pasajeros y por tanto con alto kilometraje. La alta variabilidad de las infracciones también se puede ver en el Anexo 2, donde se muestra que la desviación estándar es de 7,68 , un valor poco menor a la media para la misma serie. Esta variabilidad se explica por la diferencia en incentivos para correr el riesgo de tener este tipo de infracciones, ya que, cuando el número de pasajeros es bajo, el costo de oportunidad de sacrificar kilómetros es menor que cuando hay un alto número de pasajeros, debido a que, como ya se explicó en el aparte 3.2.1 (página 7), los ingresos de los operadores troncales son residuales, y por tanto un alto número de pasajeros necesariamente acrecienta los ingresos para este tipo de operadores en conjunto.

Gráfica 1: Comportamiento de las Infracciones



En la Gráfica 2 se puede ver que existe una alta correlación entre el número de pasajeros y el número de kilómetros recorridos por los operadores troncales. Esto se debe a que los kilómetros a recorrer son programados con base en pronósticos, hechos de acuerdo a modelos econométricos, sobre el número de pasajeros que entrarán al Sistema. A su vez puede observarse que la variabilidad en el número de pasajeros tiende a ser mayor, pues tiende a tener mayores “picos” que el número de kilómetros recorridos por la flota troncal.

Gráfica 2: Pasajeros y Kilómetros Semanales (Cifras en millares)



Para las dos variables restantes, buses operando y buses de reserva, cabe resaltar en primer lugar que la desviación estándar es igual para las dos muestras, debido a que la segunda es una función de la primera (ver Anexo 2). Esto ocasiona que exista una correlación igual a uno entre las dos series, lo que hace imposible utilizarlas dentro de un modelo econométrico simultáneamente.

Teniendo en cuenta todas las dificultades mencionadas hasta ahora, y teniendo en cuenta las características de los datos, no pueden llevarse a cabo los métodos tradicionales para la evaluación de riesgo moral. Esto se debe a que para probar la existencia de riesgo moral, los datos para la variable dependiente son dicotómicos, y se llevan a cabo procedimientos

Logit o variaciones del mismo. Por esto deben llevarse a cabo otro tipo de métodos para probar la existencia de riesgo moral dentro de los contratos de operación.

Se propone entonces utilizar un enfoque donde se aprovechen los datos disponibles con el fin de demostrar la existencia de riesgo moral. De esta forma, se utilizan dos aproximaciones, la primera un modelo de datos de panel que capture tanto los efectos propios de cada uno de los operadores troncales, como los efectos que tiene el mayor flujo de pasajeros y una mayor programación de kilómetros sobre las infracciones que cometen los operadores. Una vez probada la existencia de riesgo moral quedará evidenciada la pertinencia de la utilización de un modelo de teoría de la agencia para la evaluación y creación de los contratos de operación troncal del Sistema TransMilenio.

5.1 Modelo de Datos de Panel

Una estimación con datos de panel, como la propuesta, capta las condiciones específicas de cada uno de los operadores, condiciones que, debido a la ausencia de datos no es posible modelar, al mismo tiempo que captura la relación entre el número de infracciones y los incentivos económicos que tienen los operadores para disminuir el nivel de esfuerzo realizado.

Debido a que la información sobre multas a los operadores troncales sólo existe para periodos semanales, y la información acerca del número de buses operando, el número de pasajeros y el número de kilómetros recorridos es diaria, debe hacerse una transformación de los datos de buses y pasajeros para que estén en una base semanal. Por esta razón se propone una transformación de por medio de la suma de los buses y los pasajeros de cada semana.

Adicionalmente, debido a la diferencia entre la escala de las variables independientes y la variable dependiente, se hace necesario realizar conversiones logarítmicas para las variables de pasajeros y buses en operación. También se debe hacer una conversión adicional con la variable de pasajeros, para que sea consecuente con un panel de datos, de modo que a cada uno de los operadores le sea asignado el número de pasajeros de los

cuales recibieron un pago de acuerdo con su participación en el costo troncal para el respectivo periodo. Así, la transformación se hace de la siguiente forma:

$$PAX_{ij} = PAX_i * \left(\frac{CostoTroncal_{ij}}{CostoTroncal_i} \right)$$

Donde:

PAX_{ij} : Pasajeros Pagados al el operador j en el periodo i.

PAX_i : Pasajes Vendidos en el periodo i.

$CostoTroncal_{ij}$: Producto del número de kilómetros, el factor de ajuste por velocidad y la tarifa del operador j.

$CostoTroncal_i$: Sumatoria del costo troncal para cada uno de los operadores del Sistema (incluye los operadores Fase II).

5.1.1 Modelo a Estimar y Resultados Esperados

De esta forma el modelo general a estimar es:

$$INF_{ij} = \beta_0 + \beta_1 * \ln(PAX_{ij})^2 + \beta_3 * \ln(BOP_{ij}) + e_i$$

Donde:

INF_{ij} : Infracciones de “vueltas perdidas” y “retrasos en la operación” cometidas por el operador j en el periodo i.

$\beta_0, \beta_2, \beta_3$: Multiplicadores constantes a todos los operadores.

β_{1j} : Multiplicador de efectos fijos o aleatorios.

BOP_{ij} : Buses Operando o de reserva por parte del operador j en el periodo i.

PAX_{ij} : Pasajeros Pagados al el operador j en el periodo i.

Este modelo sin embargo tiene un problema y es la correlación entre las dos variables independientes, pues el número de buses es determinado indirectamente por el número de pasajeros. Así se realiza una prueba de correlación entre las dos variables con el fin de verificar si representa un problema.

Tabla 2: Coeficiente de Correlación entre Buses Operando y Pasajeros

	ln(PAX)
ln(BOP)	0,9612

Como puede verse en la Tabla 2, la correlación entre las dos variables es considerablemente alta, por lo cual debe instrumentarse la variable de buses operando.

Para la instrumentación se tiene como candidato el número de pasajes vendidos en el sistema, en cuanto debe estar correlacionada con el número de buses operando, pero su correlación con el número de infracciones, puede ser menor. En la Tabla 3 se pueden ver las correlaciones del instrumento con la variable a instrumentar y con la variable dependiente, donde se muestra que el logaritmo natural de los pasajeros es un muy buen instrumento en cuanto tiene una gran correlación con la el número de buses operando, pero una muy baja correlación con el número de multas.

Tabla 3: Correlaciones Pasajes Vendidos, Multas, Buses Operando

	ln(Buses Operando)	Multas
ln(Pasajeros)	0,411	0,042

De esta forma la primera etapa cumple un doble propósito:

1. Corregir el problema de multicolinealidad existente,
2. aislar el efecto que provoca un aumento en el número de pasajeros sobre las multas debido a las necesidades puramente operacionales.

Con estos dos propósitos esperamos que el número de multas esté correlacionada positivamente con el número de buses operando, para el tipo de infracciones escogido, este es el mejor estimador que tenemos del esfuerzo. Por su parte se espera que el cuadrado del número de pasajeros tenga un coeficiente negativo, revelando la existencia de los incentivos a aumentar el riesgo a cometer infracciones, pero que tiene un efecto marginal decreciente.

5.1.2 Resultados de la Estimación

En la Tabla 4, se pueden ver los resultados de las estimaciones por efectos fijos y efectos aleatorios con las dos etapas. En primer lugar cabe resaltar que para sólo una de las tres estimaciones es significativo el número de pasajeros, igualmente que para el número de buses operando. Por su parte la constante es significativa en los tres casos..

Tabla 4: Resultados Estimación

	Primera Etapa (V. Dependiente: ln(BOP))			Segunda Etapa (V. Dependiente: Multas)		
Método	Mínimos Cuadrados 2 Etapas	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios	Mínimos Cuadrados 2 Etapas	Efectos Fijos	Efectos Aleatorios
R ²	0,96	0,84		0,08	0,12	0,12
Constante	3,18 (0,46)*	-0,45 (0,45)***	3,18 (0,46)*	-24,28 (6,21)*	-78,36 (30,45)*	-24,28 (6,21)*
ln(PAX) ²	0,03 (0,001)*	0,02 (0,001)*	0,03 (0,001)*	-0,31 (-0,25)***	-1,25 (0,37)*	-0,31 (-0,25)***
ln(BOP)	N/A	N/A	N/A	13,03 (7,94)***	49,05 (15,01)*	13,03 (7,94)***
ln(Pasajeros)	-0,2 (0,03)*	0,24 (0,04)*	-0,2 (0,03)*			
No. de observaciones: 220						
No. de grupos: 4						
*Significativo al 5%						
**Significativo al 10%						
*** No significativo						

En cuanto a la primera etapa de la estimación, cabe destacar que los instrumentos se revelan como correctos para los tres casos, teniéndose coeficientes significativos para todos los instrumentos.

Tabla 5: Estadístico F para Efectos Fijos y MCO

Estadístico F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Probabilidad
3,242	3	214	0,023

Como se muestra en la Tabla 5, la aproximación desde efectos fijos se muestra superior a la aproximación por mínimos cuadrados ordinarios, revelándose así la importancia de las características propias de cada operador como determinante de las infracciones cometidas. A su vez al realizar la prueba de Hausman para efectos fijos y aleatorios (Tabla 6), se revela, otra vez la superioridad de la aproximación desde los efectos fijos. Esto se explica por dos razones básicas: primero, existe una relación entre los coeficientes propios de cada operador y el número de buses operando, debido a que la magnitud de los incentivos puede variar por el tamaño de la flota de los operadores; y segundo, no existe ninguna razón para pensar que los incentivos diferenciales para los operadores cambien a lo largo del tiempo, al menos mientras no cambie significativamente el tamaño de la flota de cada uno de ellos.

Tabla 6: Prueba de Hausman

Estadístico de Hausman	Grados de Libertad	Probabilidad
43,67	3	0

Descartando entonces los modelos de mínimos cuadrados ordinarios y efectos aleatorios, pasamos a observar detenidamente los resultados para los modelos con efectos fijos. En la Tabla 4 se puede ver que las dos variables explicativas tienen los signos esperados, ya que el mayor incentivo económico a disminuir el nivel de esfuerzo, el número de pasajeros, muestra la tendencia decreciente que se espera, mientras que el número de buses operando, aumenta el nivel de multas esperado.

Puede verse entonces que existe evidencia que revela la existencia de riesgo moral. Sin embargo, esta evidencia no es concluyente, pues los datos para el número de buses operando muestran todos los buses que hayan operado cada día durante la semana, produciendo un efecto que puede ser ambiguo para los días en los cuales se hayan tenido

otro tipo de fallas por las cuales los buses de reserva hayan tenido que operar como reemplazo de los buses de la flota regular.

5.2 Costo del esfuerzo de calidad y función de utilidad del regulador

Al hacer una revisión de los costos por los distintos tipos de infracciones, es evidente que el esfuerzo relacionado con infracciones administrativas y de servicio a los usuarios, tal y como se muestra en el Anexo 1, ocasiona menores costos al operador que las multas relacionadas con el estado de los vehículos, el medio ambiente y la operación.

Se hace entonces un ejercicio de comparación de medias para determinar la racionalidad del comportamiento de los operadores, así como el nivel de calidad que se da en cada uno de los frentes.

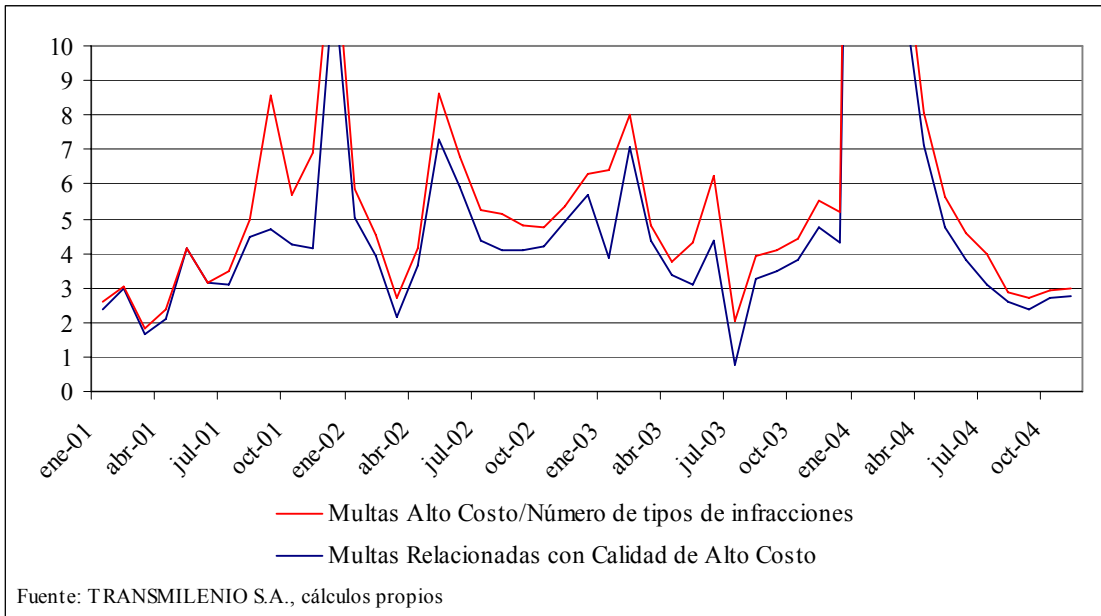
Tabla 7: Prueba de diferencia de Medias para Multas de Alto Costo y de Bajo Costo

	Multas Alto Costo/Número de tipos de infracciones	Multas Bajo Costo/Número de tipos de infracciones
Media	5,25	1,01
Varianza	37,65	1,49
Observaciones	47	47
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	50	
Estadístico t	4,64	
P(T<=t) una cola	$1,24*10^{-05}$	
Valor crítico de t (una cola)	1,67	
P(T<=t) dos colas	$2,48*10^{-05}$	
Valor crítico de t (dos colas)	2,00	

Como puede verse en la Tabla 7, la media del número de infracciones cometida por cada posible infracción es mucho mayor para las multas de alto costo que para las multas de bajo costo.

Dicho comportamiento queda evidenciado en la Tabla 7, donde puede verse que las infracciones de alto costo son consistentemente mayores a las de bajo costo, lo que revela una diferencia en los incentivos de los operadores entre los dos tipos de multa.

Gráfica 3: Multas Sobre Tipos de Infracción



Es evidente entonces que puede estar ocurriendo uno de dos casos: la valoración de la calidad es menor por parte de TRANSMILENIO S.A. para las infracciones de alto costo que para las infracciones de bajo costo, lo que revela una incoherencia entre las diferencias en el costo de las multas y la posible función de utilidad de TRANSMILENIO S.A., o los incentivos otorgados a los operadores dentro del sistema de multas no es consistente con la función de utilidad de TRANSMILENIO S.A. y por tanto no es un esquema óptimo.

6 Conclusiones

Al contrastar los resultados del modelo teórico con los datos disponibles, encontramos que en los ítems de calidad que se deja a los contratos para regular, el principal incentivo económico que tienen los operadores para realizar niveles de esfuerzo bajos, el número de pasajeros, está correlacionado positivamente con la cantidad de infracciones esperada, y mostrando un efecto decreciente a medida que aumentan los pasajeros, lo que demuestra la existencia de un problema de riesgo moral, que debe ser corregido mediante un contrato que contrarreste los incentivos dados por esta variable.

Es claro que dicho contrato es difícil de lograr mediante un sistema de pagos que otorgue un precio fijo en el que la calidad se regule por medio de multas a deficiencias en la operación debido a que, tal y como se mostró en el numeral 4, las multas deben contrarrestar el pago independiente de la calidad que ocasiona el sistema actual. Así, dado el tamaño de los incentivos financieros es difícil que un contrato que regula la calidad por medio de multas logre contrarrestar dichos incentivos.

Dicha falta de provisión suficiente de incentivos se acentúa por la existencia de un límite superior por encima del cual no se hace efectivo el cobro de las multas a los operadores. Tal y como se mostró en los numerales 4.2 y 4.3, la existencia de este límite ocasiona que el conjunto de resultados sobre el cual se cumple la restricción de compatibilidad de incentivos sea considerablemente menor de lo que sería de no existir este límite. Además, cuando el límite está por debajo de determinados niveles, es imposible que se cumpla la restricción de compatibilidad de incentivos, haciendo del esquema de multas un esquema innecesario, que no cumple con su objetivo y que, en cambio, genera costos al Sistema y por tanto al usuario del mismo.

Adicionalmente, los coeficientes positivos para la cantidad de buses operados, demuestran que la calidad esperada es creciente en el esfuerzo que realice el operador, lo cual comprueba una vez más, que el otorgamiento de los incentivos adecuados es una condición

necesaria para obtener niveles altos servicio a los usuarios del Sistema. Como ya se dijo en el numeral anterior, esto no es concluyente debido a la forma en que se toman dichos datos dentro del Sistema TransMilenio.

Como se ha mostrado a lo largo de este trabajo, una aproximación desde la teoría de la agencia a los contratos del Sistema TransMilenio, es pertinente, haciendo evidente la necesidad de que los contratos posteriores del Sistema tengan un sistema de incentivos más cercano a los modelos teóricos de la teoría de la agencia.

Con las consideraciones mostradas, se hace evidente que sería óptimo implementar contratos directos, en los cuales el precio pagado al operador sea igual al valor de la calidad provista por este en términos monetarios.

Aunque, debido a los problemas señalados antes, no se pudo realizar un análisis para otros factores de calidad, las pruebas realizadas sobre este tipo de infracciones muestra que el esquema de multas ha otorgado incentivos insuficientes a los operadores para mantener altos niveles de calidad en aspectos tales como la operación, el medio ambiente y el estado de los vehículos, con respecto a los incentivos otorgados para mantener una alta calidad en lo que respecta a cuestiones administrativas y de trato a los usuarios. Esto puede deberse a uno de dos factores: 1) el esquema de multas en los ítems de alto costo (medio ambiente, operación y estado de los vehículos) es excesivamente exigente en sus requerimientos con respecto a la valoración dada por TRANSMILENIO S.A. a los factores que tienen que ver con este tipo de multas, o 2) no se está cumpliendo la restricción de compatibilidad de incentivos, ya que el costo que representan las multas de este tipo a los operadores es excesivamente bajo comparativamente con el costo que representa mantener un nivel de calidad tal que se minimize la cantidad de infracciones y por tanto de multas asumidas por el operador.

Es evidente que, actualmente, uno de los mayores obstáculos para que continúe el mejoramiento de la calidad de vida en la ciudad de Bogotá por parte del Sistema TransMilenio radica en los mismos contratos del sistema, ya que estos no están cumpliendo

con el otorgamiento de incentivos suficientes a los operadores para prestar niveles de calidad óptimos. Dicho incumplimiento se debe a 4 factores, 1) TRANSMILENIO S.A. no tiene una función de utilidad claramente definida, en cuanto a las valoraciones de los distintos ítems de calidad, 2) un esquema que liga los pagos de los agentes al comportamiento de otros, en una ambiente donde no existe una relación, a priori de los niveles de calidad proveídos por los distintos agentes con el comportamiento de los otros causa resultados ineficientes en la provisión de incentivos, 3) un esquema de incentivos apoyado en las multas plantea restricciones excesivas a los contratos en su misión de hacer compatibles los incentivos del operador con los incentivos del regulador, y 4) el costo de oportunidad para muchos de los comportamientos nocivos del operador son resultado de un esquema mixto que, en el caso de la franja para el número de pasajeros por kilómetro no tiene una utilidad muy clara hacia el futuro.

Al seguir los pasos necesarios para corregir estos problemas se planteará un contrato que otorgue incentivos suficientes a los operadores para llegar a altos estándares de servicio.

7 Bibliografía

1. Abril, J., Agudelo, M. A., Martínez, S., Pereira, D. “Evaluación Económica Del Esquema Alimentador Del Sistema Transmilenio (2001-2004)”. *Tesis de grado Especialización En Evaluación Social De Proyectos*, Universidad de los Andes, Facultad de Economía. Bogotá D.C. Mayo de 2005.
2. Baltagi, Badi Hani (1995). “Econometric Analysis of Panel Data”. Nueva Cork, Wiley.
3. Carlquist, E. “Incentive Contracts In Norwegian Local Public Transport: The Hordaland Model”. Conferencia en: *8th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (THREDBO 8)*. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/conferences/thredbo/thredbo_papers_7/).
4. Carlquist, E. (2001). “Regulated monopolies in urban public transport – Can we design proper regulations and incentives?” Conferencia en: *International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (THREDBO 6)*. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/conferences/thredbo/thredbo_papers_6.asp).
5. Chiappori, P. (2000). *Econometric Models of Insurance under Asymmetric Information*. En Dionne, G. (Ed.). *Hanbook Of Isurance*. North Holland. Por publicar. (Consultado en <http://home.uchicago.edu/~pchiappo/wp/surveyc.PDF>).
6. Chiapporiy, P.A., Salanié, B. (2000). “Testing Contract Theory: A Survey of Some Recent Work”. Conferencia en: *World Congress of the Econometric Society*. Seattle.
7. Echeverry, J.C., Ibañez, A.M., Hillón, L.C. (2004). “The Economics of Transmilenio, a Mass Transit System for Bogotá”. *Documento CEDE*, 2004-28.
8. Grenn, W.H. (1999). “Análisis Económico”. Madrid: Prentice Hall Iberia.
9. Hall, B.J., Liebman, Jeffrey B (1998). “Are CEOs Really Paid Like Bueaucrats?”. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol CXIII (Issue 3), 653-691.
10. Hart, O., Moore, J. “Foundations Of Incomplete Contracts”. *Review of Economic Studies*, Vol. 66 (No. 1), 115-138. (Consultado en: <http://www.nber.org/papers/W6726>).
11. Hensher, D. (2003). “Contract Areas and Service Quality Issues in Public Transit Provision: Some Thoughts on the European and Australian Context”. *Journal of Public Transportation*, Vol 6, No 3. (Consultado en: <http://www.nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT%206-3.pdf>).

12. Hensher, D., Houghton, E. (2004). "Performance Based Contracts". *Working Paper ITS-WP-04-03*, Institute Of Transport Studies, Sidney University. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/publications/working_papers/wp2004/its_wp_04-03.pdf).
13. Hensher, D., Houghton, E. (2002). "Performance-Based Quality Contracts for the Bus Sector: Delivering Social and Commercial Value for Money". *Working Paper ITS-WP-02-16*, Institute Of Transport Studies, Sidney University. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/publications/working_papers/wp2002/ITS-WP-02-16.pdf).
14. Hensher, D., Stanley, J. (2002). "Performance-Based Quality Contracts in Bus Service Provision". *Working Paper ITS-WP-02-11*, Institute Of Transport Studies, Sidney University. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/publications/working_papers/wp2002/ITS-WP-02-11.pdf).
15. Hensher, D., Stanley, J. (2002). "Performance Based Contracts in Public Transportation". Conferencia en: *8th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (THREDBO 8)*. (Consultado en: http://www.itls.usyd.edu.au/publications/working_papers/wp2002/ITS-WP-02-11.pdf).
16. Holmstrom, Bengt. "Moral Hazard In Teams". *Bell Journal of Economics*, Vol 13 (Issue 2), 324-340.
17. Laffont, J., Tirole, J. (1993). « A theory of incentives in procurement and regulation». Cambridge: MIT Press.
18. Larsen, O. (2003). "Designing Incentive Schemes for Public Transport Operators in Hordaland County, Norway". Conferencia en: *8th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport (THREDBO 8)*. (Consultado en: http://www.its.usyd.edu.au/conferences/thredbo/thredbo_papers_7/Larsen.doc)
19. Macho-Stadler, I., Pérez-Castrillo, D. (1997). "An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts". Nueva York: Oxford University Press.
20. Muren, A. (2000). "Quality Assurance In Competitively Tendered Contracts". *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol 34 (No 1), 99-111. (Consultado en: http://www.bath.ac.uk/e-journals/jtep/pdf/Volume_34_Part_1_99-111.pdf).
21. Tirole, J. (1988). "The Theory of industrial organization". Cambridge: MIT Press.
22. Contratos de Concesión Sistema TransMilenio. (Consultado en: http://www.transmilenio.gov.co/transmilenio/frameset_gneral.htm).

Anexo 1: Tipos De Multas Y Costos De Multas

Valor Multa KM	DESCRIPCION DE LA MULTA
50	Colocar cualquier tipo de aditamentos decorativos o no funcionales al interior o exterior del vehículo, que no han sido instalados por el fabricante original del chasis o carrocería
50	Polarizar total o parcialmente las ventanas laterales, frontales o posteriores.
50	Utilizar o modificar colores y diseños de la pintura externa del vehículo por fuera de los parámetros estándar establecidos por el ente gestor.
50	Colocar propaganda no autorizada por TRANSMILENIO S.A. en los autobuses.
50	Instalar luces adicionales tales como exploradoras, iluminación de chasis o de decoración, que no sean reglamentarias o instaladas por el fabricante original
50	Instalar equipo de sonido al interior del vehículo no autorizado por TRANSMILENIO S.A.
50	Funcionamiento en el interior del vehículo, de equipos de informaciones sonoras o de lectura no autorizado por TRANSMILENIO S.A.
50	Uso de equipo electrónico tales como (celulares, bipper, walk-man etc)
50	Operar con luces interiores apagadas durante el periodo nocturno.
50	Operar con luces frontales, laterales y/o posteriores de iluminación o frenado desperfectas.
50	Silla rota, rasgada o con falta de fijación al piso
50	Sección de pasamanos desprendido, flojo o con aristas cortopunzantes.
50	Ventana lateral, frontal o posterior quebrada.
50	Vehículo desaseado en su exterior o interior al inicio de la jornada.
50	Carencia de iluminación o incorrecta disposición en términos de visibilidad de los ruterros frontal, lateral o posterior
50	Carencia de extintores especificados o falta de carga en los mismos.
50	Operar el vehiculo con abolladuras o impactos visibles

100	Inadecuado funcionamiento de las puertas de acceso de pasajeros, ya sea por daño o incorrecto funcionamiento que afecte los tiempos de embarque y desembarque de pasajeros.
100	Inadecuado funcionamiento o daño de las puertas y escotillas de emergencia
100	Utilización de llantas lisas sin especificaciones de mínimo labrado establecidas por el fabricante o proveedor.
250	Violar o alterar sin previa autorización del gestor el funcionamiento del sistema de control o cualquiera de sus partes.
25	Estacionar vehículos en las estaciones en cantidad superior a la permitida.
25	No parar en una estación establecida en el itinerario de operación programada de un servicio sin la previa autorización de TRANSMILENIO S.A.
25	Parar en una estación no establecida en el itinerario de operación programada de un servicio sin la previa autorización o instrucción de TRANSMILENIO S.A.
60	Estacionar fuera de los lugares establecidos por TRANSMILENIO S.A.
60	Alterar el recorrido de un servicio sin la previa autorización o instrucción de TRANSMILENIO S.A.
60	Retrasar la operación
60	Vueltas perdidas
60	Adelantar vehículos del mismo servicio
150	Portar armas de cualquier naturaleza (con referencia al conductor)
175	Operar en horarios o servicios que no le hayan sido autorizados por TRANSMILENIO S.A. al CONCESIONARIO.
250	Transitar por fuera de las Vías o troncales determinadas por TRANSMILENIO S.A. sin su autorización.
250	Recoger o dejar pasajeros en puntos de la vía diferentes a los paraderos de estación.
250	Abandono del vehículo por parte del conductor sin razón justificada
25	Interrumpir los cruces semafóricos por saturación de la estación
50	Omitir el envío de información solicitada por TRANSMILENIO S.A., o enviarla por fuera de los plazos que TRANSMILENIO S.A. establezca para el

	efecto.(No enviar información del SAE)
50	Negarse a dar información (el conductor)
50	Oponerse a recibir en sus instalaciones personal de fiscalización de TRANSMILENIO S.A., ocultarle información ó suministrar información parcial o equivocada.
50	Utilizar un conductor que no este portando su certificación de entrenamiento expedido por la empresa operadora
50	No portar documentos personales y/o del vehiculo,
50	No usar el uniforme por parte del conductor
50	Deficiente presentación personal
100	Omitir el cumplimiento de las obligaciones relacionadas con la capacitación de los conductores
100	Omitir el cumplimiento de las obligaciones establecidas por el régimen laboral y de seguridad social respecto de los conductores
100	Implementar prácticas administrativas y de registro contable que desvirtúen la confiabilidad de la información contable y financiera que el CONCESIONARIO se encuentra obligado a llevar conforme al presente contrato.
100	Cuando se evidencie el ejercicio de prácticas flagrantes o deliberadas restrictivas de la libre competencia, o que impliquen el abuso de la posición dominante que pueda haber obtenido el CONCESIONARIO como resultado del contrato de concesión.
250	Mantener activo un conductor cuya remoción haya sido solicitada por TRANSMILENIO S.A.
25	Transitar derramando combustible o lubricantes
50	Emisiones sonoras por encima de los parámetros de desempeño ambiental ofrecidos en la propuesta de licitación adjudicada
50	Emisiones gaseosas por encima de los parámetros de desempeño ambiental ofrecidos en la propuesta de licitación adjudicada, en las condiciones de calibración del motor de acuerdo a las condiciones atmosféricas y ambientales propias de Bogotá D.C.

50	No cumplir con el Plan de Manejo de Residuos o Convertidores ofrecido en la licitación.
50	No cumplir con la realización del Plan Inicial o no cumplir con los índices de operación, hábitos de conducción recomendados y metodología de trabajo.
50	Choque leve entre buses Transmilenio (espejos y punteras)
50	Pasar el semáforo en rojo (Al 2do caso el conductor sale del sistema Transmilenio)
50	Tener mala aproximación a la plataformas
50	Transitar con exceso de velocidad
50	Dar reversa
50	Invasión de cebra
50	Llevar acompañantes
50	No cumplir con el diseño y cumplimiento del Plan de Seguimiento Permanente y particularmente con los índices de Operación óptimos obtenidos en el Plan Inicial. No efectuar las reparaciones recomendadas en el Plan.
50	No cumplir con el Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo y/o el Plan de Capacitación.
50	Sin combustible
100	Conducir peligrosamente o bruscamente el vehículo con relación al frenado y al arranque poniendo en riesgo la seguridad de los pasajeros.
100	Rehusar el transporte a pasajeros sin motivo determinado en el reglamento del transporte.
100	Maltrato verbal o físico hacia los pasajeros (con referencia al conductor)
100	Fumar y/o comer en el interior del vehículo (con referencia al conductor)
200	Cobrar tarifa a los pasajeros, en el interior de los vehículos en el sistema troncal.

Anexo 2: Estadística Descriptiva

	Variable	Media	Error típico	Mediana	Moda	Desviación estándar	Curtosis	Coefficiente de asimetría	Rango	Mínimo	Máximo
	Pasajeros	5.872.389	101.329	6.063.440	N/A	751.479	5,40	-1,91	4.340.415	2.712.468	7.052.883
Kilómetros	Total	793.018	12.545	811.508	N/A	93.037	3,17	-1,65	408.356	494.881	903.237
	SITM	171.040	2.750	177.174	N/A	20.393	3,13	-1,69	89.043	104.333	193.376
	Expres del Futuro	201.172	3.242	206.813	N/A	24.041	2,76	-1,49	105.446	125.422	230.868
	Metrobus	157.770	3.605	157.099	N/A	26.734	2,66	0,58	137.202	94.219	231.420
	SI99	263.036	5.529	275.236	N/A	41.001	0,64	-1,27	138.100	169.187	307.287
Buses Operando	Total	2.771,60	39,19	2.907	2.932	290,65	3,79	-2,04	1.235	1.761	2.996
	SITM	585,53	8,60	613	612	63,77	4,28	-2,11	280	360	640
	Expres del Futuro	708,95	9,62	737	759	71,37	4,88	-2,21	324	443	767
	Metrobus	531,87	7,44	557	565	55,14	4,15	-2,15	236	339	575
	SI99	945,25	14,25	995	1.004	105,66	2,49	-1,81	429	604	1.033
Buses de Reserva	Total	686,40	39,19	551	526	290,65	3,79	2,04	1.235	462	1.697
	SITM	156,47	8,60	129	130	63,77	4,28	2,11	280	102	382
	Expres del Futuro	173,05	9,62	145	123	71,37	4,88	2,21	324	115	439
	Metrobus	126,13	7,44	101	93	55,14	4,15	2,15	236	83	319
	SI99	230,75	14,25	181	172	105,66	2,49	1,81	429	143	572
Infracciones	Total	7,69	1,04	6	7	7,68	12,68	3,02	47	0	47
	SITM	0,85	0,14	1	0	1,03	1,01	1,26	4	0	4
	Expres del Futuro	2,15	0,38	1	1	2,79	8,81	2,70	14	0	14
	Metrobus	0,80	0,14	0	0	1,01	0,91	1,21	4	0	4
	SI99	3,89	0,72	2	1	5,31	10,32	2,82	30	0	30