

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTURA DE INFORMACIÓN DE PASAJEROS POR
TRAYECTO PARA LA MEJORA DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO TRANSMILENIO

PRESENTADO POR
MARÍA ANGÉLICA LUCÍA BERMÚDEZ COLORADO
LIZETH ADRIANA BARRERA CASTRO

PRESENTADO A:
ING. PABLO OCAMPO.

UNIVERSIDAD EAN
FACULTAD DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ, JULIO 24 DE 2012

CONTENIDO

RESUMEN.....	5
INTRODUCCION	8
OBJETIVOS.....	9
GENERAL	9
ESPECIFICOS	9
JUSTIFICACION.....	10
CAPITULO I: SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO TM.....	11
HISTORIA	11
MODELO DE NEGOCIO	12
SISTEMA DE RECAUDO	14
EL RECAUDO Y LA TECNOLOGIA DE RECAUDO ACTUAL DE TM	15
OPERACIÓN	16
SISTEMA DE CONTROL.....	16
TRANSMILENIO S.A.....	17
PROGRAMACION	18
PORTAFOLIO DE SERVICIOS	18
CAPITULO II: PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE EN BOGOTA.....	21
HISTORIA DEL TRANSPORTE EN BOGOTA.....	21
SITUACION ACTUAL DE TRANSPORTE DE BOGOTA	23
CAPITULO III: PROPUESTA DEL SISTEMA DE MEDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS DE TM.....	35
PARÁMETROS DE DISEÑO	35
DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DEL SISTEMA	43
ALTERNATIVA DE USO DE MODELOS ESTADÍSTICOS Y ALGORÍTMICOS.....	43
ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.....	44
SISTEMA PROPUESTO	58
CAPITULO IV: BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS DE TM.....	59
BENEFICIOS DE IMPLEMENTACION:	59
DIMENSIONAMIENTO DE VEHÍCULOS REQUERIDOS.....	59
CORRECTO USO DE LOS RECURSOS	60

TOMA DE DECISIONES	61
SIMULACIÓN DE NUEVOS ESCENARIOS.....	62
PORTAL DE INFORMACIÓN AL USUARIO.....	64
IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL	64
DETERMINACIÓN DE ESTACIONES CON MÁS AFLUENCIA	65
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS RUTAS	65
DETERMINACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS PARA LAS PRÓXIMAS FASES DEL SISTEMA	65
CAPITULO V: PROJECT CHARTER DEL SISTEMA DE MEDICION DEL FLUJO DE PASAJEROS PROPUESTO.	66
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	74

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Modelo de negocio Sistema TM.	13
Ilustración 2: Sistema de Recaudo TM.	15
Ilustración 3: Sistema de Control de TM.	17
Ilustración 4: Red de portales y estaciones de TM.	20
Ilustración 5: Historia del transporte masivo de Bogotá.	23
Ilustración 6: Crecimiento anual.	26
Ilustración 7: Diagrama causa efecto de la problemática del Sistema TM.	28
Ilustración 8: Satisfacción del usuario.	29
Ilustración 9: Disturbios por Trasmilenio en Bogotá.	30
Ilustración 10: Gráfica de perfil diario de entradas al sistema (2001 – 2009)	37
Ilustración 11: Gráfica de evolución de la demanda (2001 – 2010)	38
Ilustración 12: Procesos de planificación en diferentes niveles de la empresa.	39
Ilustración 13: Contraseña de medición de demanda muestral TM.	42
Ilustración 14: Imagen ejemplo de un sistema biométrico con lector de huella digital.	46
Ilustración 15: Uso de sistema de ingreso biométrico en parques de la compañía DISNEY en Orlando.	46
Ilustración 16: Ejemplo de un código de barras.	48
Ilustración 17: Tarjetas RFID usadas como medio de pago por sistema TM.	51
Ilustración 18: Control de acceso (torniquete) de una estación de TM.	52
Ilustración 19: Mapa de las estaciones del sistema Transmilenio.	54
Ilustración 20: Simulación del modelo de uso de tarjetas RFID como fuente de captura de información de usuarios de TM.	57
Ilustración 21: Simulación demanda típica y atípica de TM.	61

DEDICATORIAS

*A mis padres, mi fuente de inspiración,
energía y fortaleza. Sé que siempre
estarán conmigo.*

Lizeth Barrera

*A Dios por tantas bendiciones. A mis
papas por sus esfuerzos, amor y
dedicación.*

*A mi abuelita lucia que me acompaña
siempre.*

Ma Angélica Lucia Bermúdez C.

RESUMEN

El sistema de transporte masivo Transmilenio (TM) ha sido una solución para la movilidad de los Bogotanos que ha trascendido en otras de ciudades de Colombia y el mundo. Durante sus once años de operación ha reflejado una imagen de progreso y modernidad. Sin embargo, varias características internas y externas al sistema lo han llevado a una situación de caos que ya está siendo reclamada por los usuarios y la ciudadanía en general.

El presente documento busca una propuesta de mejora de la captura de información como posible solución al manejo más efectivo de los recursos del sistema basado en una programación más acertada respecto a la demanda. Para conocer el esquema de funcionamiento se hace una descripción general del sistema TM en el capítulo I, abarcando desde la historia, el modelo de negocio, la entidad, la descripción de los actores, la infraestructura y el perfil del usuario.

En el capítulo 2 se hace una identificación de la problemática y del cuestionamiento que se pretende solucionar con el presente trabajo donde se presenta la historia del transporte en la ciudad, la situación actual y se contrastan las cifras de crecimiento del sistema, la demanda y la población de la ciudad y alrededores.

En el capítulo 3 se estudian las posibles alternativas de mejora del sistema de captura revisando modelos de estimaciones, tecnología disponible de control de acceso y tarjetas. Se evalúan las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, la factibilidad técnica y se elabora una propuesta basada en la selección de una de las alternativas.

En el capítulo 4 se evalúan los beneficios que tendría la implementación de la mejora del sistema de captura de información y medición de pasajeros por ruta.

En el capítulo 5 se formula un Project Charter prototipo para representar la ejecución del proyecto tal cual como sugerimos ejecutarlo.

Finalmente, establecemos unas conclusiones y recomendaciones respecto a lo que desarrollamos en el presente documento y frente a algunas consideraciones que es requerido tener presente si se buscan soluciones más agresivas frente al estado de movilidad de la ciudad que creemos debemos ser planteadas en nuevos proyectos de investigación.

INTRODUCCION

Desde los inicios del sistema de transporte masivo TM el crecimiento en infraestructura y expansión del sistema ha sido una constante para poder cubrir la demanda del servicio, la cual se incrementa cada año en cantidad de usuarios. Sin embargo esta expansión a llegado a límites donde la infraestructura no ofrece capacidad suficiente para la operación normal del sistema, entiéndase por operación normal que no hay sobrecupo y disgusto por el nivel de Servicio en las rutas troncales.

Esta problemática ha pasado del conocimiento del usuario hacia difusión y críticas por los medios de comunicación y protestas de la comunidad. Los proyectos de expansión de TM que se podrían proponer para mitigar la problemática incrementan de por si el número de nuevos usuarios, así que por ahora es necesario enfocarse en el uso más eficiente de los recursos e infraestructura ya existentes para lo cual se requiere contar con información valiosa acerca del comportamiento de los usuarios del sistema que ayude a tomar decisiones y acciones que favorezca la operación logística del sistema y a su vez la satisfacción de los usuarios.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer un sistema de medición del flujo de pasajeros que ayude a la mejora de la operación logística del sistema TM por medio de la determinación de los trayectos entre estaciones con mayor ocupación.

ESPECIFICOS

1. Proponer un sistema de medición del comportamiento de los usuarios de TM aplicable a las condiciones de operación e infraestructura actuales del sistema. Específicamente estudiar la conveniencia de introducir nuevos elementos en las estaciones y componentes adicionales al sistema de recaudo.
2. Plantear los beneficios que un sistema de medición como el propuesto puede entregar al sistema TM para garantizar una operación elástica en cuanto a la disposición de vehículos en mayor o menor cantidad según la demanda medida por el sistema.
3. Formular el Project Charter del sistema propuesto para la medición del flujo de pasajeros.

JUSTIFICACION

Transmilenio (TM) tiene evidentes limitaciones de capacidad para atender la demanda que se le ha presentado. Incrementar el número de buses afectaría directamente el tiempo de trayecto que en realidad es su valor agregado principal. Adicionalmente, esta modificación aumentaría los costos fijos y de operación y también la capacidad ociosa en las horas valle.

Si TM contara con un sistema de medición de pasajeros en tiempo real que le permita determinar las rutas más solicitadas y ser mucho más preciso con la asignación de los recursos, se podría garantizar un mejor funcionamiento del Sistema y una mejor percepción del mismo por parte de los usuarios. En este momento el sistema TM pública cifras que muestran datos estadísticos de la cantidad de usuarios que utilizan este medio de transporte al año. Adicionalmente dispone de cifras estadísticas que cuantifican el seguimiento de la demanda de los usuarios hacia el sistema. Sin embargo el seguimiento de la demanda está limitado sólo a las entradas del usuario a las estaciones y no es capaz de determinar en qué estaciones los usuarios terminan su recorrido, es decir se desconoce la ruta hecha por cada usuario en el sistema. El propósito de esta investigación es lograr proponer un sistema o método que permita obtener datos sobre la cantidad y el flujo de pasajeros del sistema de transporte TM para determinar las rutas entre estaciones que presentan mayor demanda de pasajeros y el horario de las mismas. Este sistema propuesto debe entregar datos que permitan a los operadores del sistema TM cuantificar cantidades de pasajeros por rutas.

CAPITULO I: SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO TM

HISTORIA

TM es el Sistema de transporte masivo tipo BRT (Bus Rapid Transit) más importante de la ciudad de Bogotá y de Colombia. Los modelos de este estilo fueron concebidos en la ciudad de Curitiba en Brasil, sin embargo, el modelo bogotano fue enriquecido con nuevas variables que se reflejaron en la operación. Hoy es un símbolo de la capital del país y, a su vez, un referente para los sistemas de transporte de varias ciudades latinoamericanas.

A grandes rasgos, un sistema BTR se caracteriza principalmente por contar con carriles exclusivos para autobuses, pago de tarifa y validación fuera del autobús, puntos de paradas fijos con plataformas y autobuses con gran capacidad.¹

El sistema TM incluyó en su modelo carriles de sobrepaso en estaciones, generando sistemas expresos y aumentando el flujo de pasajeros de 10.000 a 40.000 hora sentido. Un servicio expreso corresponde a un servicio de autobús donde no se realizan paradas en todas las estaciones que comprenden una ruta, sino que, se manejan paradas intercaladas que significa mejores tiempos entre una parada y otra. De igual manera, significa que los usuarios del sistema pueden escoger y tener preferencia por un servicio de acuerdo a la estación de ingreso y la estación de salida que necesita. Los servicios corrientes son aquellos que hacen todas las paradas en una ruta y fueron conservados para dar versatilidad al sistema generando un posible transbordo desde un servicio expreso que no hace parada en una estación en particular.

La empresa Transporte del Tercer Milenio – TM S.A. fue creada mediante el acuerdo 4 de 1999² como empresa del Distrito Capital, cuenta con un activo de 1.85 billones y un patrimonio de

¹ Autobús de Transito rápido (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Autobús_de_tránsito_rápido.

525.701 millones de pesos al 31 de Diciembre de 2011. Tiene como función ser el controlador de varios actores en el sistema que se explican en la sección de modelo de negocio. Ser controlador significa que no realiza toda la operación, sino que subcontrata por medio de licitación pública algunas partes de la operación a empresas privadas, sin embargo mantiene una alta evaluación y supervisión de los servicios prestados.

Dentro del modelo entran a funcionar los operadores de transporte, de recaudo, entre otros.

La operación del sistema TM dio inicio en Diciembre del año 2000, con una fuerte campaña de capacitación a los ciudadanos que incluyó el ingreso gratuito al sistema en Diciembre de ese año, la entrega de guías de usuario para comprender las rutas y los servicios, y gran cantidad de asesores en los torniquetes.

MODELO DE NEGOCIO

El modelo de TM está conformado principalmente por cinco actores públicos o privados divididos en tres grupos importantes, la infraestructura, la operación del recaudo y la operación de transporte. La primera a cargo del sector público y las demás a cargo del sector privado.

Los actores se detallan a continuación:

En primer lugar, el controlador TM que se encarga de planificar el sistema en conjunto, programar la operación diaria y controlar la calidad del servicio.

En segundo lugar, se encuentran los operadores de las troncales quienes se encargan de realizar la compra de los vehículos automotores que circularan por las vías troncales, operar estos servicios y realizar el mantenimiento de la flota que posee.

² Transmilenio S.A (2011). Informe de Gestión 2011. Recuperado de <http://www.transmilenio.gov.co/AdmContenidoUpload/administrador.contenido/Documents/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202011.pdf>

En tercer término, se encuentran los operadores de alimentación que consisten en la prestación del servicio en sectores de la ciudad donde no se construye infraestructura con estaciones y, por tanto, se atiende con pequeños autobuses no articulados. Estos operadores se encargan de la compra de los autobuses, de operar las rutas alimentadoras y de realizar el mantenimiento de la flota a su cargo.

En cuarto término, se encuentra la compañía de recolección de tarifa u operador de recaudo, la cual se encarga de la compra e instalación de los equipos de recaudo, de traslado y almacenamiento de información, de recolectar la tarifa con la venta de las tarjetas y de realizar el mantenimiento a los equipos de recaudo y datos asociados.

Por último, está el gestor de la fiducia que se encarga de rendir cuentas por las ganancias del sistema y de hacer la distribución monetaria entre el controlador y los operadores.

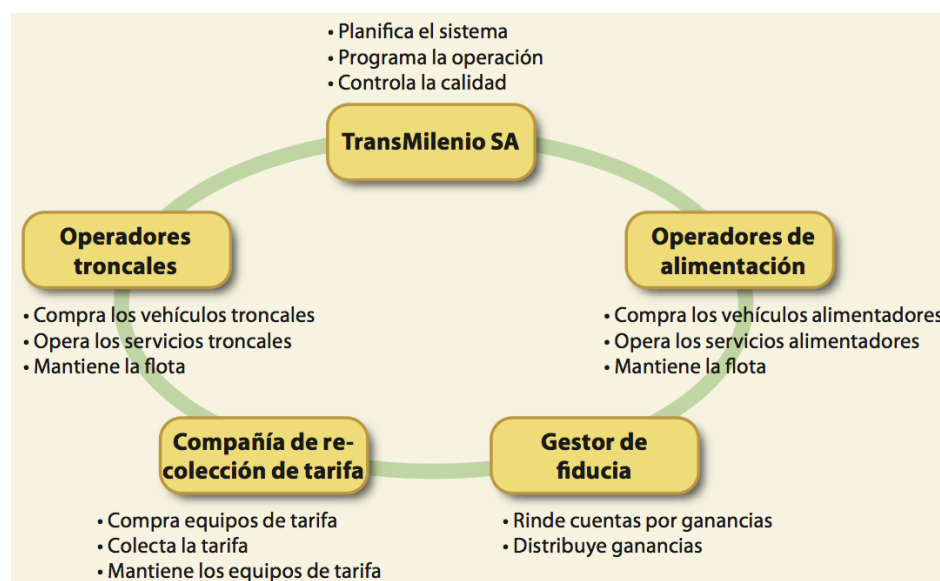


Ilustración 1: Modelo de negocio Sistema Transmilenio. Fuente: Informe de Gestión 2011. Transmilenio S.A Febrero 2012
<http://www.transmilenio.gov.co/AdmContenidoUpload/administrador.contenido/Documents/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202011.pdf>

En la figura 1, se visualiza la interacción que existe entre TM, los operadores de alimentación, troncales, recolección de tarifa y gestor de fiducia. Cada actor tiene unos objetivos determinados que explican su rol dentro del funcionamiento del sistema. Todos son indispensables, no puede

funcionar el sistema si uno de los actores no está disponible o no realiza correctamente sus funciones asignadas.

SISTEMA DE RECAUDO ³

Es operado por dos concesionarios privados que son responsables de suministrar las tarjetas inteligentes sin contacto, suministrar los equipos de la plataforma tecnológica del recaudo, manejar la logística para garantizar la operación durante todo el horario de servicio del sistema, se encarga de la venta de pasajes, del procesamiento de la información, la custodia y consignación del dinero recaudado y de realizar el mantenimiento de los equipos de recaudo.

El sistema de recaudo es conformado por:

- Taquillas de las estaciones del sistema. Son los puntos de venta ubicados en los accesos a las estaciones del sistema, donde los usuarios pueden recargar las tarjetas habilitadas para el sistema.
- Puntos de venta externo: ubicados en establecimientos comerciales y grandes superficies, cuentan con atención personalizada para la recarga de todas las tarjetas habilitadas para el sistema.
- Terminales de Carga Automática de Tarjeta Inteligente (CATI). Son dispositivos que permiten al usuario cargar de manera automática sus tarjetas de cliente frecuente o universitaria. Solo admite billetes.
- Terminales de carga móviles. Son dispositivos portátiles atendidos por un taquillero donde los usuarios pueden cargar las tarjetas habilitadas para el sistema.
- Torniquetes o máquinas registradoras. Son equipos de control de ingreso ubicadas en los accesos de las estaciones para validar las tarjetas.
- Sistemas y equipos para procesamiento y transmisión de datos de recaudo.

³Quienes Somos (s.f). Recuperado de http://www.TRANSMILENIO.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TMSA_QuienesSomos_SistemaDeTransporte_SistemaDeRecaudo

- Encargo fiduciario. Recibe los recaudos y realiza la distribución de acuerdo a las reglas contractuales fijadas a todos los agentes del sistema.



Ilustración 2: Sistema de Recaudo Transmilenio. Fuente: <http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Default.aspx>

Cuando el usuario compra sus pasajes, como se muestra en la figura 2, se hace el recaudo del dinero en cada una de las cajas de las estaciones del sistema y recibe a cambio una tarjeta inteligente con una recarga de número de pasajes o un saldo. Luego, una empresa de transporte de valores se encarga de centralizarla en HSBC (FIDUCIA) todos los recursos recaudados. Finalmente, se hace el pago a Transmilenio S.A., a los operadores de transporte y de recaudo de acuerdo a los porcentajes pactados dentro de los contratos de prestación de servicio.

EL RECAUDO Y LA TECNOLOGIA DE RECAUDO ACTUAL DE TM⁴

Angelcom S.A. y Unión Temporal Fase II son las empresas privadas que suministran el servicio de recaudo en el sistema a través de una plataforma tecnológica. Los medios de pago corresponden a tarjetas inteligentes sin contacto TISC.

⁴ Transmilenio S.A (2011). Informe de Gestion 2011 (pp 59-60). Recuperado de <http://www.transmilenio.gov.co/AdmContenidoUpload/administrador.contenido/Documents/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202011.pdf>

Los usuarios pueden recargar sus tarjetas en las cajas de las estaciones o en una red de recargas externas. En 2011 entraron en funcionamiento puntos de “Acceso Express” con la instalación de torniquetes sin mecanismos de captura que se pueden utilizar únicamente con tarjeta frecuente, universitaria, empresariales y tarjetas capital con más de un viaje. Este mecanismo agiliza la entrada ya que basta con acercar la tarjeta al validador y minimiza la exposición de los dispositivos a fallos por manipulación de los usuarios.

TM afirma que con el recaudo automático de pasajes se obtiene *información muy valiosa para la planeación operativa* del sistema. De manera que el sistema de recaudo hace la venta de pasajes al usuario, controla el acceso con un cobro simultáneo y recoge la información estadística de los ingresos por estación.

OPERACIÓN

Las empresas operadoras se encargan de la compra de la flota de buses articulados y biarticulados, de administrar y gestionar a los conductores, mecánicos, personal administrativo y demás operarios. Igualmente, de administrar los patios de mantenimiento y estacionamiento que son propiedad del estado. Estas empresas de origen privado tienen un contrato de concesión con TM S.A. que incluye requerimientos de control estándar previamente estipulados.

El pago a las empresas operadores se realiza por kilometro recorrido, se tienen incluidos beneficios por el cumplimiento y la limpieza y algunas multas como sanción en caso contrario.

SISTEMA DE CONTROL

El centro de control de TM permite supervisar la operación al detalle por cada uno de los buses, con esto controlar en tiempo real variables de frecuencia, velocidad, horarios y rutas. Está compuesto por un equipo GPS en cada bus, un computador a bordo que permite el intercambio de información bus-centro de control y un sistema de comunicaciones para integrar el intercambio de información entre los buses, el personal de inspección y el centro de control. Con este sistema

se genera la información estadística del cumplimiento de las empresas operadores y las acciones de control inmediatas de la operación.



Ilustración 3: Sistema de Control de TM. Fuente: <http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Default.aspx>

Como se observa en la Figura 3, los vehículos son constantemente supervisados para generar un esquema de posicionamiento del total de la flota, entrega una información de operación y monitoreo del sistema que tiene dos finalidades: llegar al centro de control para la toma de decisiones y entregar información al usuario por medio de las pantallas digitales ubicadas en las estaciones del sistema.

TRANSMILENIO S.A.

DESCRIPCION: “Es una entidad dedicada a satisfacer las necesidades de transporte público de los habitantes de Bogotá, mediante la planeación, gestión y control del sistema de transporte público, gestionando la prestación de un servicio eficiente, seguro, rentable y sostenible financiera y ambientalmente, que contribuya a la mejora continua de la calidad de vida y bienestar de los habitantes de la ciudad, cumpliendo los requisitos normativos, previniendo la

contaminación ambiental y las lesiones y enfermedades de los diferentes actores y mejorando continuamente la eficacia, la eficiencia y efectividad en los procesos del sistema.”

MISION: Satisfacer la necesidad de transporte público de los usuarios del Distrito Capital y su área de influencia, con estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad, mediante la planeación, la gestión, implantación y control de la operación de un sistema de transporte público urbano de pasajeros, que opere bajo un esquema público-privado, que contribuya a una mayor competitividad de la ciudad y al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

VISIÓN: Ser la organización que administra la operación del Sistema Integrado de Transporte Público, para atender con calidad, eficiencia y sostenibilidad la demanda de transporte público del Distrito Capital y su área de influencia, que contribuya al desarrollo económico y social mediante la acción conjunta de lo público y lo privado, constituyéndose en un modelo a seguir a nivel nacional e internacional.

PROGRAMACION

Los software que son usados por el sistema para la programación de flota y el control de flota troncal corresponden a GOALBUS®, GOALDRIVER® y SAE. El objetivo es alcanzar un mayor ahorro en el número de autobuses, conductores y km en vacío. TM se ha preocupado por realizar constantes actualizaciones a estas aplicaciones con el fin de evitar su obsolescencia.

PORTAFOLIO DE SERVICIOS⁵

CONOCIMIENTO: TM ofrece servicios de capacitación impartidos por expertos técnicos en planeación de soluciones de transporte, operación de sistemas BTR, evaluación de la viabilidad en proyectos de transporte, comunicación estratégica en sistemas de transporte y sustentabilidad ambiental. Se ofrecen consultorías, asistencias, asesorías técnicas, cursos de capacitación continua, visitas técnicas, conferencias y visitas de aprendizaje en sistemas BRT del mundo.

⁵ Portafolio de Servicios (s.f). Recuperado de http://www.TRANSMILENIO.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=PortafolioDeServicios_Conocimiento

INFRAESTRUCTURA: El sistema TM cuenta con siete portales, 6 estaciones intermedias, 114 estaciones sencillas y 84.4 km de vías troncales exclusivas. Se ofrece el arrendamiento y utilización de los espacios físicos para beneficiar marca de terceros. De otro lado, se ofrece apadrinamiento para la recuperación de las zonas verdes del sistema en conjunto a las organizaciones socialmente responsables que deseen mantener y cuidar especies nativas de la sabana. El uso de infraestructura para posicionamiento de marca es con el fin de terceros tomen fotografías, videos o realicen la venta de bienes y servicios que ayuden a posicionar su marca. Finalmente se cuenta con un esquema de publicidad en el sistema administrado por Publimilenio que administra el arriendo o concesión de espacios físicos con fines publicitarios.

MARCA: El sistema cuenta con varias marcas registradas por medio de las cuales se ofrecen artículos promocionales, la línea verde, alianzas comerciales para co-branding estratégico y manejo de franquicias y, finalmente, eventos académicos comerciales.

RED VIAL

El sistema TM cuenta con 114 estaciones y 7 portales en funcionamiento, ubicados en la autopista norte, la troncal caracas, la avenida Suba, la troncal NQS, la avenida Jiménez, la calle 80 y la avenida de las américas.



Ilustración 4: Red de portales y estaciones de TM. Fuente: Su rumbo Ltda.
http://www.surumbo.com/paginas_php3/loadinfo.php3?InaNuIdMn=310

En la figura 4, se observa la distribución de las estaciones en cada una de las troncales, su ubicación dentro del sistema, el color y letra que identifica cada troncal para una fácil identificación del usuario.

PERFIL DEL USUARIO DEL SISTEMA EN 2011

Los ciudadanos entre 18 y 27 años de edad representan el 47.61% de los pasajeros transportados por el sistema, es decir, mayoritariamente joven. El 80.2% residen en estrato 2 y 3 y el 9.14% en estrato 4, lo que representa una escasa cobertura a la población de estrato 1. El 57.01% de los usuarios se encuentran trabajando y 27.49% se encuentran estudiando, lo que significa que una baja proporción de usuarios son desempleados, amas de casa o jubilados.

CAPITULO II: PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE EN BOGOTÁ

HISTORIA DEL TRANSPORTE EN BOGOTÁ⁶

Uno de los primeros hechos de la historia del transporte en Bogotá fue la prohibición entre 1844 y 1877 del tránsito de carruajes por las calles de la ciudad por el daño que representaban para los adoquines y las redes de acueducto. Pero el aumento de la población conllevó a establecer el primer servicio público de transporte que consistía en coches tirados por caballos con capacidad para diez pasajeros (ómnibus).

El siguiente gran paso del transporte urbano masivo en Bogotá fue el ferrocarril urbano o tranvía de servicio público, tranvía tirado por mulas asociado al sistema transporte que funcionaba en las calles de New York. En 1884 se inauguró su primera ruta entre la Plaza de Bolívar en Bogotá y la localidad de Chapinero a 5 kilómetros de distancia. Los coches tenían una capacidad para veinte pasajeros sentados y algunos de pie en los estribos.

La creciente población capitalina colapso el servicio del tranvía mostrando descontento en los pasajeros que se quejaban del mal trato a las bestias, del sobrecupo y de los conductores. Los tiempos traslado normalmente duraba tres veces el tiempo establecido a causa de los descarrilamientos por el mal estado de las calles y el uso de rieles inadecuados (algunos rieles aun elaborados en madera) o por la obstinación de las mulas que pese los maltratos se negaban a proseguir el camino. Situación que propicio la inclusión de tranvías eléctricos.

⁶ Ospina, A. & Mosquera, V. (s.f). Historia del Transporte Público en Bogotá, Una crónica a todo. Recuperado de <http://www.museovintage.com/transporte/index.php>

Los tranvías de mulas siguieron dando su apoyo a los tranvías eléctricos hasta 1923 años en los cuales se transportaban cerca de 10 millones de pasajeros al año. Cuando se retiraron los últimos tranvías de mulas existían 30,6 kilómetros de vías para 30 tranvías eléctricos que en los años siguiente aumentaron a 85 vehículos de pasajeros y 5 de carga.

El tranvía llegaba hasta varios extremos de la ciudad gracias a la inclusión de ocho tranvías aerodinámicos de cuatro ejes que aportaron un estándar de confort y modernidad al transporte urbano y a la ciudad. Durante el llamado Bogotazo el tranvía sufrió duras pérdidas en su flota, 20 de los 120 buses fueron destruidos e incinerados desencadenando finalmente su fin en la ciudad luego se der el símbolo modernidad y progreso de Bogotá por varios años.

Dichos hechos y el colapso del tranvía dio paso al trolley con una flota inicial de 20 trolebuses que comenzaron a operar en mayo de 1948.

Pronto el trolebús se convirtió en el sistema de transporte público de Bogotá el cual era alimentado con electricidad estando vigente desde 1949 hasta finales de la década de los 80s y principios de los 90s cuando se llevo a cabo su liquidación dada la ineficiencia del servicio, falta de mantenimiento y curiosos manejos administrativos tales como la compra y no operación de 300 trolebuses y el uso de tan solo 125 Km de los 195 km de red aérea.

El 15 de agosto de 1991 el último trolebús recorrió Bogotá dejando el transporte público en manos del sector privado que prestan el servicio de transporte en buses, busetas y colectivos aun en la actualidad.

La situación del transporte público de Bogotá previamente expuesta muestra el constante colapso de los sistemas frente al creciente aumento de la población bogotana, y así mismo refleja

problemas de administración y planeación en diferentes momentos de la historia. Problemáticas que hoy en día continúan siendo urgentes y requieren de soluciones efectivas aun luego del inicio del gran proyecto integrado de transporte masivo bajo la alcaldía de Enrique Peñalosa (estudios realizados en la alcaldía de Antanas Mockus). Sistema denominado como: Sistema de Transporte Masivo del Tercer Milenio "TM", que además contará con servicios alimentadores a los barrios periféricos e intermunicipales a los municipios metropolitanos.



Ilustración 5: Historia del transporte masivo de Bogotá. Fuente: Historia del transporte público de Bogotá.
<http://www.museovintage.com/transporte/index.php>

La figura 5 muestra las cuatro principales etapas del transporte público en Bogotá explicadas anteriormente, desde su tranvía halado por animales hasta el sistema actual de integración de transporte.

SITUACION ACTUAL DE TRANSPORTE DE BOGOTA

El transporte masivo TM se planeó como respuesta a la movilidad y funcionamiento de Bogotá mientras se instauraba un modelo de transporte masivo más acorde a una capital del mundo como el metro se daba lugar. Respuesta a la movilidad que aunque se sabía que era temporal

careció de mayor proyección y flexibilidad para responder a la actual y creciente población urbana, lo cual ha generado la interacción de TM y del tradicional sistema de buses privados (buses, busetas, taxis y colectivos) para satisfacer las necesidades de transporte de la capital.

Conviene indicar, que la intensión de las distintas administraciones que presentaron la alternativa de transporte TM basada en el modelo BRT⁷, lo hicieron producto del análisis de una problemática que en sus distintos momentos observaron y a el futuro y crecimiento esperado de la ciudad, lo cual se plasmó desde los inicios del sistema en cada una de sus 8 fases planteadas, en las cuales el crecimiento en infraestructura y en expansión se proyectaba como una constante para poder cubrir la demanda del servicio en cuanto a usuarios y geografía de la capital de acuerdo a las proyecciones iniciales. Pero en el afán de implementar un modelo capaz solucionar los problemas de movilidad de Bogotá y sus características propias tales como la prestación insegura, costosa, riesgosa, excluyente y de alguna manera indigna del servicio de transporte, no dimensionaron a futuro respuestas flexibles a factores como la posible variación dinámica de la ciudad.

Factores dinámicos de toda ciudad, que en el caso de Bogotá hemos visto fuertemente materializados en el presente y representados en un crecimiento poblacional de la capital mayor a los índices históricos que se manejaban, a causa de:

⁷ BRT (*Bus Rapid Transit* en inglés, BRT), conocido en español también como sistemas de autobús expreso, sistemas de transporte rápidos en autobuses o sistemas de transporte público masivo en autobuses son soluciones de transporte de media y alta capacidad en superficie basadas en autobuses. Este tipo de sistemas de transporte revolucionaron el transporte urbano en las últimas décadas por su versatilidad y bajos costos de inversión en infraestructura, mientras permiten una amplia variedad de soluciones de transporte de capacidades similares a las de tranvías y subterráneos. <http://es.wikipedia.org/wiki/BRT>

- El incremento de la utilización del sistema masivo de transporte, como consecuencia del desincentivo al uso del carro particular, reflejo de los precios elevados de los combustibles, impuestos, vías inadecuadas y poco transitables, inseguridad, pico y placa y problemas propios de movilidad.
- El aumento de la migración de la población estudiantil del país hacia la capital debido al portafolio variado de programas y universidades.
- Establecimiento de trabajadores y sus familias en Bogotá debido a mejores oportunidades laborales.
- Incremento poblacional por problemáticas sociales y de seguridad como el asentamiento de la población desplazada a causa del conflicto interno.

Incremento poblacional de Bogotá que se ve magnificado en número de usuarios de TM, tal como se observa en la figura 6 en la cual se denota que el incremento de usuarios año a año es superior al crecimiento poblacional de la ciudad, tal evidencia en el año 2009 en el cual el crecimiento poblacional de Bogotá fue del 1.46% frente a un crecimiento de usuarios del sistema TM en el mismo periodo de 8.49%.

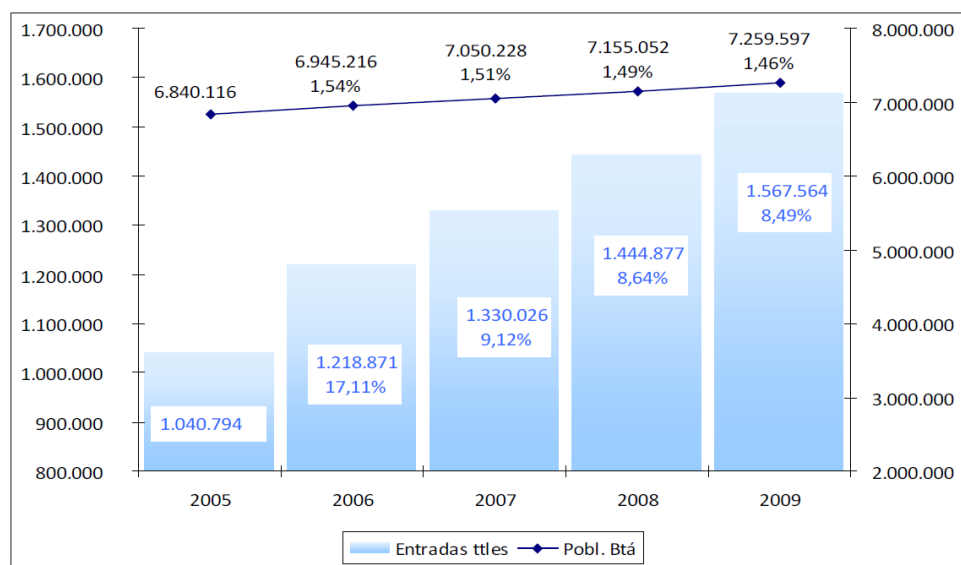


Ilustración 6: Crecimiento anual. Fuente: <http://www.transmilenio.gov.co>

Lo anterior causado en gran parte por el éxito inicial de TM en Bogotá basado en su sistema de exclusividad de vías lo cual significa tiempos menores de transporte respecto a otros medios, que conllevó a muchos bogotanos a preferir este sistema en sus inicios y a sustituir su medio de transporte anterior, que como consecuencia generó un crecimiento de la demanda desproporcionada superando la capacidad instalada del sistema llevándonos a la situación caótica actual.

Caos de congestión que se presenta en cada una de las instancias del sistema desde las largas filas para adquirir las tarjetas de ingreso la mayoría de veces a la intemperie, pasando por un ingreso igualmente demorado por la cantidad deficiente de torniquetes de ingreso, hasta los largos tiempos de espera por los alimentadores o buses de TM en medio de estaciones colapsada de usuarios, que ni siquiera permiten el funcionamiento adecuado de las instalaciones tal como las puertas de conexión a los buses, las cuales permanecen abiertas producto del desespero de los usuarios, propiciando situaciones de riesgo de caída a las calles y muy seguramente accidentes.

Es que tal como está planteado actualmente TM, el llegar al tope de capacidad del sistema de ningún modo significa restricción en la prestación del servicio por la integridad y seguridad de los usuarios y de los mismos buses como inicialmente se tenía planteado, por el contrario el sobrecupo se traduce mayores ingresos para el sistema sin incurrir en mayor inversión y en perjuicios para los usuarios.

Perjuicios que día a día generan el descontento generalizado de los usuarios, a raíz entre otros, de la congestión de las estaciones, demoras en la oferta de rutas que obligan al uso masivo del bus más próximo, traducido en sobrecupo, el cual a su vez conlleva a robos y manoseos a los usuarios que afectan su integridad, cuyas principales víctimas son las mujeres y personas en mayor estado de indefensión, descontento que se ve incrementado producto de las demoras en algunos trayectos, por efecto de reparación de estaciones y losas del pavimento y rutas alimentadoras demoradas e insuficientes que en ocasiones a causa del mal estado de las vías barriales.

La problemática identificada y planteada anteriormente se sintetiza en la ilustración 7, diagrama de causa – efecto en el cual seis aspectos son identificados como detonantes de la problemática del sistema TM, cada uno de los cuales es consecuencia de factores internos y externos al sistema pero que en menor o mayor medida todos son causantes de la situación actual. Por ejemplo la capacidad de TM se ve gravemente afectada por el desincentivo del uso de otras opciones de transporte en Bogotá tales como zonas de la ciudad en las cuales otros tipo de transporte como buses o busetas no pueden llegar gracias a que las vías principales son de uso exclusivo de TM, esto sumado a que el uso de vehículos privados se ha visto impactado por elevados precios del

combustible y medidas de prohibición del uso de los vehículos en determinados días y horarios como lo es el pico y placa incrementan la problemática actual.

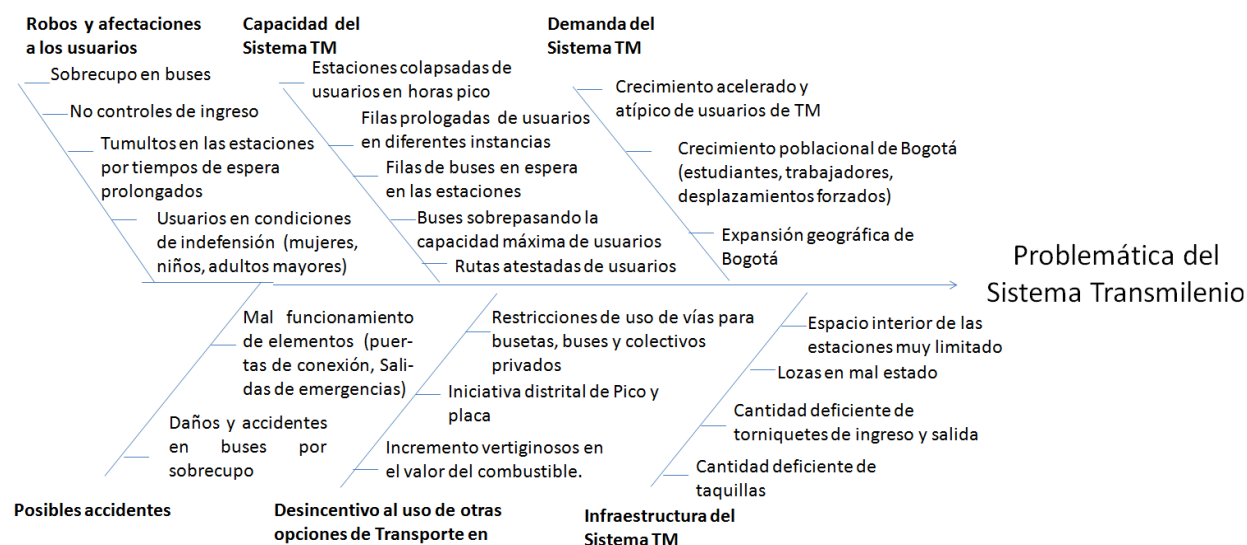


Ilustración 7: Diagrama causa efecto de la problemática del Sistema TM. Fuente: Elaboración propia.

La satisfacción de los usuarios o el descontento de los mismos es medido por los administrativos del sistema desde la óptica de infraestructura tal como se observa en la Ilustración 8, obtenida de la página oficial de TM, en la cual se desvirtúa o no denota la problemática real, la ilustración no abarca la satisfacción de los usuarios desde diferentes perspectivas adicionales a la infraestructura y el personal de TM. No abarca por ejemplo el cumplimiento de horarios, ni la percepción en cuanto a la seguridad del sistema, ni la comodidad durante la prestación del servicio

Satisfacción del Usuario

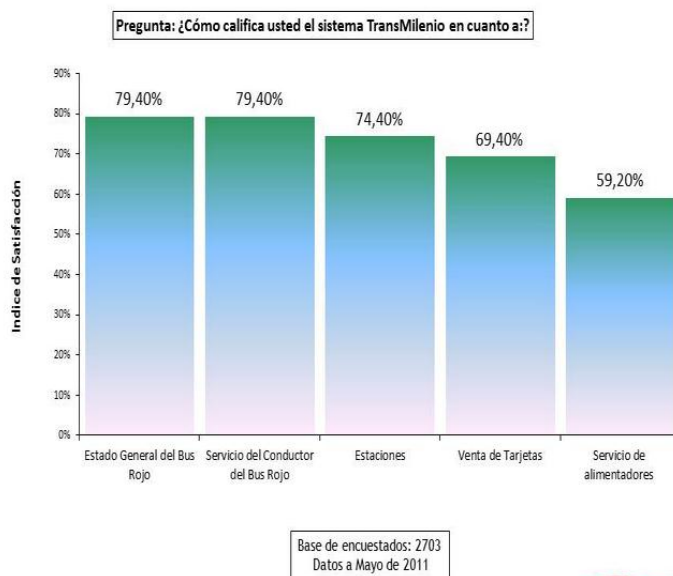


Ilustración 8: Satisfacción del usuario. Fuente:

http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TransmilenioSA_TransmilenioEnCifras_MedicionDeLaSatisfaccionAIUsuario

Son aspectos como la comodidad, el cumplimiento de los horarios y trayectos y la seguridad entre otros los que han generado el descontento por parte de los usuarios hacia el sistema, descontento que ha pasado del conocimiento del usuario hacia difusión y críticas por los medios de comunicación y protestas de la comunidad como las presentadas el pasado 9 de marzo en la cual el descontento de los usuarios del sistema desencadenó lamentables actividades violentas, evidenciado en la siguientes tomas, en las cuales el descontento e impotencia ante la prestación del servicio de TM sumada con la furia y vandalismo detonaron en lamentables disturbios.



Ilustración 9: Disturbios por Trasmilenio en Bogotá. Fuente: Artículo Disturbios por Transmilenio en Bogotá / La Nacion.com.co Marzo 10 de 2012

La ausencia de una respuesta de fondo de la administración de TM y del gobierno distrital, ante las continuas protestas que se han generado, producto de la insatisfacción en la prestación del servicio, conllevan indagar las razones por las cuales, las medidas coyunturales adoptadas, no han surtido un efecto positivo que permita atenuar en el corto y mediano plazo la situación advertida.

A ello se suma, la prolongación y expansión de rutas de TM, que por sí solas han incrementado la demanda, sin que ello signifique un mejoramiento en la satisfacción por el uso y goce del

servicio, bajo el entendido que en su mayoría las rutas confluyen en una troncal que es insuficiente para soportar la capacidad vehicular del sistema. Adicional a esta problemática, se le suma el atraso de la fase III de TM por el “carrusel de la contratación” por más de dos años y medio, y por consiguiente las siguientes V fases inicialmente planteadas para estar listas en el 2016.

La situación previamente expuesta hace que hoy después de 12 años de funcionamiento TM haya llegado a su colapso al no ofrecer la capacidad suficiente para la operación normal del sistema, entiéndase por operación normal que no hay sobrecupo y disgusto por el servicio.

La visible problemática pretende ser mitigada por parte de la gerencia de TM con la ampliación de 12 estaciones y de taquillas externas adicionales para la compra de tarjetas. Pero dichos proyectos de ampliación de estaciones de TM incrementan el número de nuevos usuarios, ahondando en el problema de capacidad del sistema. Otras posibles soluciones lógicas como el incrementar el número de buses; afectaría directamente el tiempo de trayecto que en realidad es su valor agregado principal además de generar mayor congestión en las estaciones. Adicionalmente, modificaciones como estas aumentaría la capacidad ociosa en las horas valle así como los costos fijos y de operación, incrementos que probablemente serán transferidos a los usuarios quienes los verán reflejados en las tarifas.

Lo expuesto anteriormente denota que por ahora es necesario enfocarse en el uso más eficiente de los recursos e infraestructura ya existentes en lugar de realizar ampliaciones y modificaciones relámpagos sin bases suficientes de planeación y análisis. Para ello se debe enfocar los esfuerzos en optimizar al máximo los recursos actuales del sistema en búsqueda de mayores eficiencias de

TM, con soluciones que puedan ser prolongadas en el tiempo y aplicables a las siguientes fases de TM. Para efectos de nuestra formulación, no se desconoce los esfuerzos de la administración de TM ni del gobierno distrital por contratar eventuales estudios, que si bien pueden haber contribuido al mejoramiento del servicio, éstos no han sido suficientes ni eficientes para la determinación de acciones agresivas que conduzcan a un mejor disfrute del servicio.

Pero para poder maximizar los recursos actuales del sistema para una mejor prestación del servicio se debe contar con información valiosa para la optimización de dichos recursos, entiéndase por recursos a ser optimizados los buses de TM, las estaciones y los puntos de compra de tiquetes. Actualmente no se cuenta con dicha información para ser analizada, pero si se han hecho esfuerzos para la obtención de la misma tal como las mediciones esporádicas y muestrales del comportamiento de los usuarios por medio de la colaboración de los mismos, los cuales pueden o no acceder a recibir a la entrada de su ruta y entregar a la salida de la misma una contraseña para hacer el tracking de su ruta. Esta información es computada y analizada y en ocasiones usada para la toma de decisiones en cuanto a cómo disponer los recursos (buses) entre trayectos.

Pero estas mediciones son muestrales en solo algunas estaciones y como ya se menciono esporádicas lo cual no permite obtener información clave para la optimización del sistema. No obstante demuestran que las decisiones que se deben tomar para la mejora del sistema con los recursos actuales deben provenir de cada uno de los usuarios, los cuales muestran los horarios, las estaciones y trayectos en los cuales se deben enfocar los recursos.

Somos conscientes que la situación que hoy presenta el sistema TM y en lo particular cada una de las estaciones, no permitirían adicionar un ingrediente más en cuanto a infraestructura, sin embargo y partiendo de la premisa de “ lo que no se puede medir, no se puede controlar”, es necesario la implementación de un sistema fácil y permanente de medición, que en tiempo real, permita conocer el comportamiento de la demanda y necesidades de los usuarios y que sirva como instrumento para la toma oportuna de decisiones, que solucionen o atenúen el impacto negativo que hasta hoy se tiene en la prestación del servicio.

La fuente idónea de dicha información unitaria de usuarios puede ser las tarjetas de ingreso al sistema, pero si la mismas no son requeridas para la salida del sistema solo darían unos pocos indicador para ser analizados como son el número de usuarios que ingresan a cada estación (punto de salida de la ruta) y el horario de dichos ingresos, no siendo suficiente información por ejemplo para poder planear el numero de los buses necesarios por trayecto en determinada hora del día y en un día específico.

Inicialmente el sistema de TM contaba con la posibilidad de realizar los desarrollos respectivos para llegar a obtener dicha información dado que la tarjeta comprada requería ser usada tanto en el torniquete de ingreso como en el torniquete para salida del usuario.

Pero al poco tiempo de funcionamiento de TM dadas las dificultades de infraestructura, en cuanto a la cantidad limitada de torniquetes establecidos en cada estación que debían cumplir el doble propósito (ingreso y salida), así como el espacio físico dentro de las estaciones para las filas de usuarios a la espera de cruzar los torniquetes de la salida y el inconformismo de los usuarios por la espera que esto generaba, propiciaron la eliminación del uso de las tarjetas a la salida del sistema.

Finalmente, con el objetivo de contar con un servicio eficiente, seguro, digno y de inclusión para todos los Bogotanos y en vista de la situación actual, en la cual TM es pieza clave en la movilidad de Bogotá y a puertas del SITP⁸ que reorganizara, integrara y controlara toda la oferta de transporte público de Bogotá (buses, busetas, colectivos y TM), la compleja problemática previamente identificada hace necesario preguntarnos ¿Cómo se puede obtener la información clave del comportamiento de los usuarios en cuanto a las rutas usadas y horarios, para que Transmilenio pueda tomar acciones en cuanto a la operación y planeación de sus recursos que favorezca la operación logística del sistema, su flexibilidad y a su vez la satisfacción de los usuarios?

⁸ SITP : Sistema Integrado de Transporte Público.

CAPITULO III: PROPUESTA DEL SISTEMA DE MEDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS DE TM

La problemática expuesta en el capítulo anterior hace necesario el planteamiento y evaluación de alternativas en cuanto a herramientas o sistemas que permitan la captura de la información referente a la operación del sistema que permita la optimización y elasticidad de TM que conduzca a un mejor servicio prestado al usuario y a una mejora significativa en la movilidad actual y futura de Bogotá.

Para poder proponer alternativas para la mejora de TM, se hace necesario entender la forma como se programa la operación del sistema TM y las tecnologías actualmente aplicadas en el mismo.

Según información del año 2010 la programación del sistema se hace en base a lo siguiente:

PARÁMETROS DE DISEÑO

El sistema se rige por una normatividad nacional y distrital, las cuales exigen y reglamentan la prestación del servicio de TM, ajustando parámetros como la velocidad de los vehículos, tarifas, uso de combustible, prestación del servicio en tiempos y rutas, por lo cual estos parámetros junto con la infraestructura y cantidades de elementos que componen el sistema son entradas a los procesos de programación de la operación del sistema.

En la tabla 1 se listan algunos de los datos generales de la infraestructura del sistema TM que están siendo en la actualidad usados como fuente de programación operativa del sistema:

ÍTEM	VALOR
Buses Articulados y Biarticulados	1.182
Buses Alimentadores	517
Estaciones intermedias	6
Estaciones sencillas	114
Movilizaciones Diarias	1.615.000
Velocidad Promedio	28.4 Km/hr
Servicios Troncales	96
Kilómetros de vías troncales exclusivas en la fase I y Fase II	84,4
Kilómetros en Operación Alimentación	550 Km
Rutas Alimentadoras	82

Tabla 1: Datos generales de Transmilenio. Fuente: Cifras Generales - <http://www.transmilenio.gov.co>

Entre otros parámetros de diseño se encuentran los datos de crecimiento del uso del sistema, es notable el continuo crecimiento de las cifras del uso del sistema incluso por encima del crecimiento poblacional de la ciudad de Bogotá, es de esperarse este comportamiento debido a que el sistema a pesar de sus congestión en horas pico ofrece una alternativa de desplazamiento rápida a pesar del grave deterioro de la movilidad de la ciudad.

En la Ilustración 10 se muestra la tendencia de las entradas de los usuarios al sistema del año 2004 al año 2009 en los días hábiles, esta información es uno de los parámetros de diseño quizá más importantes que utiliza el sistema TM para programar su operación, dado que conociendo el valor de la cantidad de entradas a cada una de las estaciones aplicado a los horarios de mayor demanda se programan los servicios manteniendo las tendencias de usos vistas en los años anteriores, sea el caso de los días hábiles comprendidos entre junio y julio de cada año, donde hay una disminución notable de demanda de usuarios en TM debido a las temporadas de vacaciones,

el mismo efecto se ve reflejado en enero y diciembre en donde la demanda baja considerablemente, así como la disminución marcada por semana santa en abril. Estas estacionalidades presentadas son fundamentales en la planeación futura del servicio.

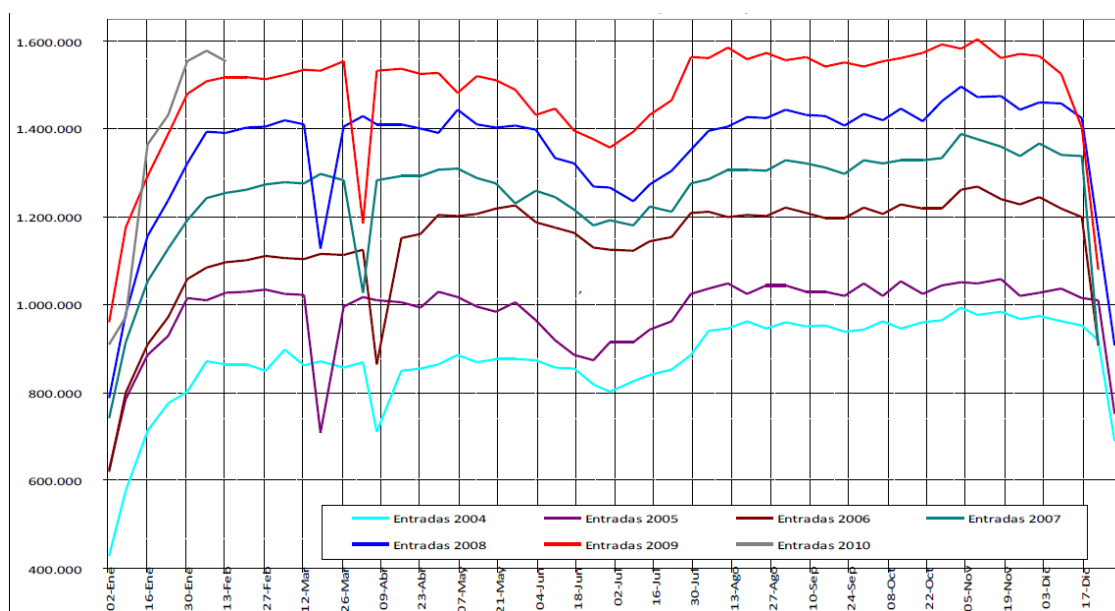


Ilustración 10: Gráfica de perfil diario de entradas al sistema (2001 – 2009) Fuente: <http://www.transmilenio.gov.co>

Adicional a su uso como fuente de planeación, la tendencia histórica también es tenida en cuenta para determinar el porcentaje de crecimiento de la demanda. La ilustración 11 muestra este comportamiento histórico analizado por TM entre los años 2001 y 2010. En la línea de tendencia de la demanda se denota por los mismos análisis realizados por TM que los incrementos puntuales de número de usuarios se debe en algunos casos por ampliaciones o aperturas de nuevas troncales del sistema como el crecimiento de demanda del 20.2% del segundo semestre del 2002 por la apertura del eje ambiental en ese periodo de tiempo.

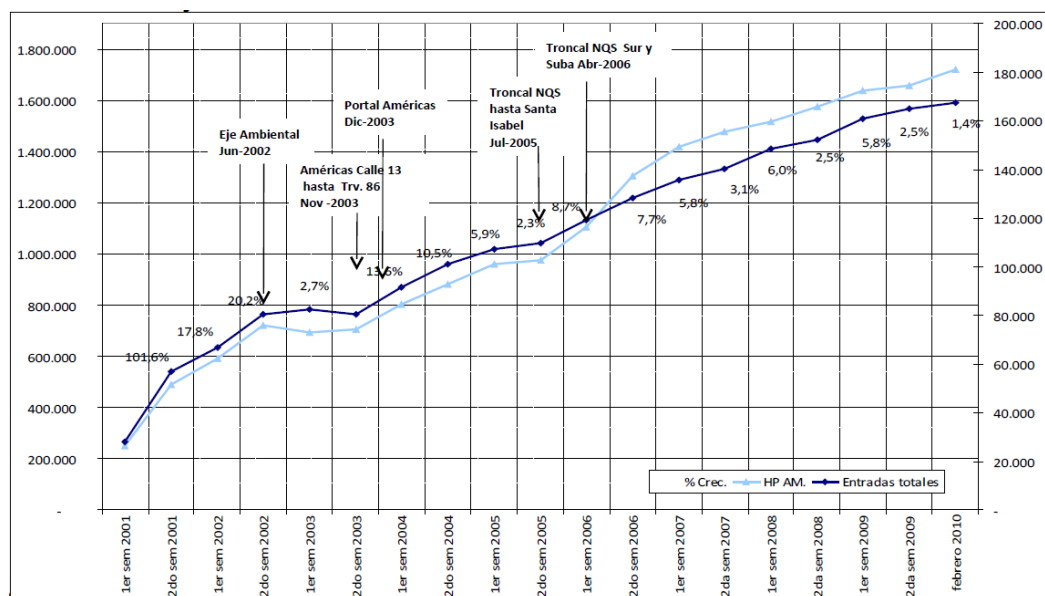


Ilustración 11: Gráfica de evolución de la demanda (2001 – 2010) <http://www.transmilenio.gov.co>

INFORMACIÓN BASE

Estimación de la demanda mediante técnicas estadísticas:

En esta área están principalmente el uso de técnicas econométricas⁹, estadísticas y análisis de series de tiempo¹⁰ entre otras técnicas.

Para el análisis de las series de tiempo, TM ha determinado una serie de modelos los cuales ajusta continuamente para obtener predicciones cada vez más exactas, por ejemplo:

- ✓ Modelos de entradas y ventas de días hábiles totales

⁹ La econometría (de econo, economía y metría, medición, o sea, medición de la economía) es la rama de la economía que utiliza métodos y modelos matemáticos. Se utilizan para analizar, interpretar y predecir diversos variables y sistemas económicos.

¹⁰ Una serie temporal o cronológica es una secuencia de datos, observaciones o valores, medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, normalmente, espaciados entre sí de manera uniforme.

- ✓ Modelos específicos de comportamientos de entradas por franjas horarias para el sistema, esto en cuanto a las horas pico y las horas valle.
- ✓ Modelo del sistema para entradas y ventas de días sábados y festivos.
- ✓ Modelo de cada una de las estaciones del sistema y de cada una de las zonas de alimentación.

La información de demanda obtenida por medio de las proyecciones estadísticas y econométricas son procesadas por el software de predicción Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Posteriormente dicha información es fuente de procesamiento y análisis de las herramientas GoalBus® y GoalDriver®, los cuales según las descripciones del fabricante podrían llegar a tener el alcance de programaciones en cuanto a rutas, horarios y recursos tal como se muestra en la ilustración 12.

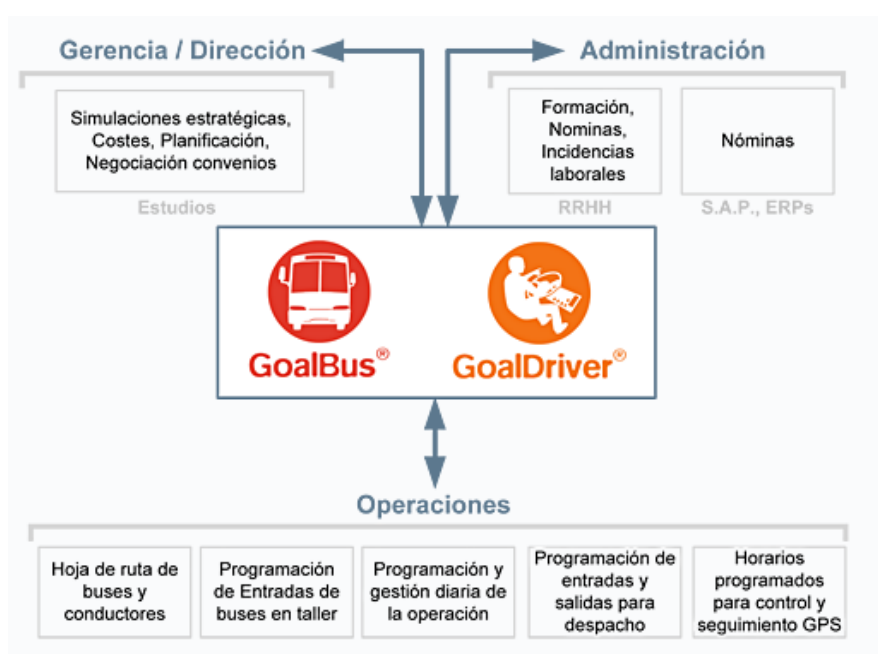


Ilustración 12: Procesos de planificación en diferentes niveles de la empresa. Fuente: <http://www.goalsystems.com>

Recolección de información de campo

En este momento TM hace uso de tecnología móvil para la adquisición de información de campo, para ello emplea terminales equipados con tecnología GPS¹¹, GPRS¹², entre otros y con un sistema operativo (Windows Mobile®) sobre el cual están desarrolladas aplicaciones para TM. Desde estas aplicaciones y según la utilización de recursos como el personal y el combustible TM realiza la captura de información en campo de los siguientes aspectos:

- ✓ Ascensos y descensos a bordo (consumo de combustible).
- ✓ Ascensos y descensos en plataforma (ingresos de usuarios a TM).
- ✓ Origen – Destino (encuestas).
- ✓ Frecuencia (ocupación visual).
- ✓ Tiempos de espera.
- ✓ Aforos en estaciones (ocupación visual).
- ✓ Tiempos de recorrido.
- ✓ Encuestas de preferencias.
- ✓ Encuestas de satisfacción de servicios.

De esta información de campo recolectada con los terminales móviles, destacamos la encuesta de ORIGEN-DESTINO, esta encuesta está encaminada a determinar cuál es la ruta que el usuario va a tomar. Es decir le indicará al sistema TM la ruta A-Z que una muestra poblacional utilizará en

¹¹ SPG o GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global) es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros.

¹² *General Packet Radio Service (GPRS)* o servicio general de paquetes vía radio es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (*Global System for Mobile Communications* o GSM) para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes).

determinada franja del día. Esta información servirá como entrada al proceso de determinación de la demanda por métodos estadísticos y matemáticos expuestos anteriormente.

No obstante esta tecnología aplicada a la recolección de información de campo, es poco práctica debido a que requiere interacción de un encuestador con el usuario del sistema, esta interacción resulta inapropiada debido a las condiciones de congestión que presenta el sistema en las taquillas y en las entradas. No es cómodo para un usuario que desea usar TM en hora pico responder preguntas a un encuestador, no existe el espacio apropiado en las estaciones para esta labor, no hay una cultura de TM para que el usuario sea parte de la solución con sus opiniones e información y peor aun lo primero que tiene en su mente un usuario al momento de llegar a una estación de TM es el tiempo y el afán por poder tomar un bus de TM que lo lleve a su destino.

Como respuesta a esta situación TM ha optado por recolectar información de campo de una forma menos tecnológica pero igual de efectiva, hoy en día es notable observar este proceso en algunas de las estaciones principales del sistema sobre todo en la franja de hora pico en la mañana y en la tarde. TM ha implementado la recolección de información de campo usando unas contraseñas de papel, estas contraseñas debidamente identificadas con el logo de TM y con una explicación clara de su propósito, son entregadas a los usuarios antes de ingresar a las estaciones del sistema y se les solicita que entreguen la contraseña a la salida de la estación de destino.

Estas contraseñas tienen un código de barras en la cara posterior el cual es usado para identificar la estación de origen de la contraseña. La metodología es sencilla y consiste en que el usuario transporte un código de barras de una estación A hasta una estación Z, así se tiene una muestra

poblacional y la ruta A-Z usada en determinado horario. La ilustración 13 muestra una contraseña convencional que es usada en la actualidad en TM para el fin descrito.

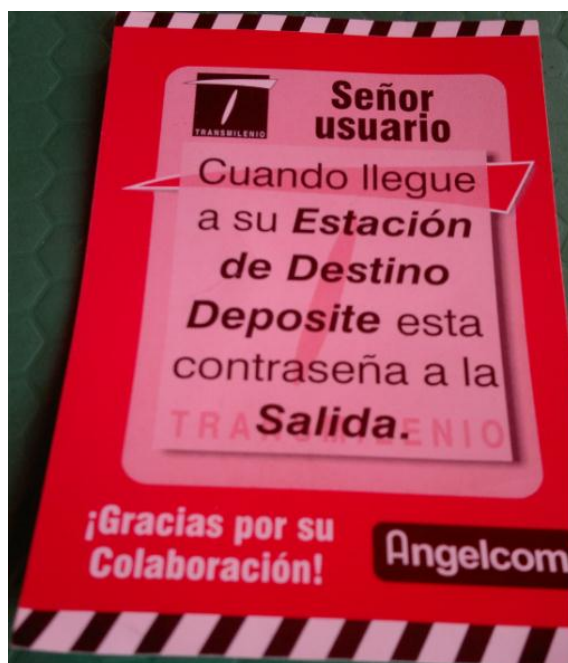


Ilustración 13: Contraseña de medición de demanda muestral TM. Fuente: Fotografía propia.

Sin lugar a dudas la contraseña se convierte en el sistema más rápido de recolección de información de campo, la interacción con el usuario es mínima y entrega información real de la ruta recorrida por el usuario. No obstante debido factores diversos como la incomodidad dentro de los buses, el horario, el cansancio de los usuarios entre otros, causan que muchas de estas contraseñas no lleguen a su destino, es común ver muchas de estas contraseñas tiradas como basura en los pisos de los articulados. Esto revela que aunque la campaña es fácil de implementar, económica y poco invasiva con el usuario, no existe una respuesta positiva del pasajero al uso de estas contraseñas. Y aunque la colaboración y disposición de los usuarios fuera total, esta metodología arrojaría datos muestrales muy poco representativos para el sistema, los

cuales se debe continuar realizando con relativa frecuencia, probablemente de manera diaria para asegurar la elasticidad del sistema antes los cambios en rutas y horarios de los usuarios.

Es necesario entonces encontrar un medio sustituto para recolectar la información de ORIGEN-DESTINO de los usuarios del sistema.

DESCRIPCION DE ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DEL SISTEMA

ALTERNATIVA DE USO DE MODELOS ESTADÍSTICOS Y ALGORÍTMICOS.

Esta opción no tecnológica de planeación de los recursos de TM mediante la determinación del comportamiento de los usuarios mediante modelos estadísticos y algorítmicos está siendo usada parcialmente en la actualidad tal como se encontró al inicio de este capítulo en donde se identificaba que la información base actual del sistema proviene de técnicas econométricas, estadísticas y de análisis de series de tiempo. Dentro de esta alternativa se propone hondar más en esta posible solución para la determinación del comportamiento de los usuarios sin tener que incurrir en inversiones tecnológicas ni de infraestructura. Para lo anterior sería útil para el proceso de estimación de la demanda el uso de modelos para proyecciones cuando hay conductas atípicas del sistema entre estas están las simulaciones de Montecarlo¹³ aplicadas a situaciones específicas de demanda del sistema. El uso de este modelo sumado con las estimaciones actuales de TM se podría generar como una alternativa para mejorar la disposición de los recursos, sin embargo para que esto llegue a solucionar la problemática de congestión para los usuarios del sistema se requerirá de inversión en talento y del apoyo de las universidades y sus grupos de investigación de la mano de la empresa privada y en especial del

¹³ El método de Montecarlo es un método no determinístico o estadístico numérico, usado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud.

mismo Sistema TM. Aun así no sería una propuesta para mejorar la elasticidad del sistema dado que no se tendría información actual en momento real para que en determinado caso se puedan hacer reasignaciones de recursos ante posibles eventualidades que requieran una respuesta diferente a la planeada.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.

Los sistemas Automatic Identification and Data Capture (AIDC) ¹⁴ se refieren a métodos para automatizar la identificación de objetos, recolectando información sobre los objetos e ingresando esta información en forma de datos en sistemas de cómputo y software especializado. Tecnologías comúnmente usadas en los sistemas AIDC son el RFID, biometría, bandas magnéticas, códigos de barras, tarjetas inteligentes entre otros.

En los sistemas AIDC la mejor manera de capturar la información depende de la aplicación que se de a la información. En nuestro caso la información estará orientada a obtener información de objetos (Usuarios del sistema de transporte) sin interés en conocer características sobre el objeto, es decir no importa sus atributos físicos, la información demográfica o de género, simplemente nos interesa cuantificar el número de objetos y hacer el seguimiento del objeto dentro del sistema de transporte.

¹⁴ Automated_identification_and_data_capture (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_identification_and_data_capture

Es importante denotar que ciertos rasgos demográficos tales como la ocupación de los usuarios aunque no hacen parte del alcance de la investigación actual podrían ser una información valiosa para el sistema siendo el caso por ejemplo en el que se determina que un gran porcentaje de los usuarios del sistema en el rango horario de 6:00 a 6:40am son estudiantes universitarios, esta información permitiría la gestión frente a algunas instituciones educativas del cambio del horario del inicio de las clases, promoviendo que esta población haga uso del sistema una hora más tarde generando descongestión en el sistema. Teniendo en cuenta esta última premisa, a continuación analizaremos algunas de estas alternativas:

a. ALTERNATIVA DE BIOMETRÍA.

Estos sistemas están principalmente orientados al reconocimiento de humanos, es decir, usando rasgos físicos intrínsecos de cada persona, el sistema puede identificar la identidad de alguien que use el sistema. El caso más práctico y que ha ganado amplio despliegue en el mercado de sistemas biométricos es la lectura de huella digital, aquí un escáner especial para huella digital captura las minucias de una huella digital y la almacena en una base de datos, esto permite tener un registro único de una huella digital y asociarlo a una única persona.

Estos sistemas biométricos tienen aplicación en su mayoría en el sector bancario, en el control de ingreso de empleados a los edificios, en el registro de ciudadanía del gobierno o en entidades de seguridad nacional como la policía, en general en entidades que requieren validar y garantizar que la identidad de una persona es correcta.



Ilustración 14: Imagen ejemplo de un sistema biométrico con lector de huella digital.
Fuente: <http://www.sistemasbiometricos.cl/web/>

La ilustración 14 muestra un ejemplo de lector de huella digital y el proceso de lectura como tal. Se aprecia que se debe hacer contacto total del dedo a ser leído con el lector por un tiempo suficiente para que la lectura se realice de manera efectiva.

Un ejemplo de la aplicación de la biometría a un sistema de control de acceso es el utilizado en Disney World el cual suele vender paquetes de ingresos a sus diferentes parques por un determinado número de días, los torniquetes en los accesos de visitantes permiten identificar si el comprador de un ticket de entrada es quién lo usa todos los días, este es un caso especial en el que el ticket permite ser utilizado por varios días. Aquí el sistema biométrico evita el fraude en el uso de los tickets de entrada al parque como se observa en la ilustración 15.



Ilustración 15: Uso de sistema de ingreso biométrico en parques de la compañía DISNEY en Orlando.
Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biometr%C3%ADa>

Factibilidad en TM:

El uso de sistemas biométricos para obtener información de los usuarios sería inconveniente en un sistema de transporte masivo, técnicas de lectura de huellas digitales o similares no aplican por razones de complejidad técnica las cuales elevan los costos y el mantenimiento de bases de datos con innumerables registros individuales por personas, adicionalmente estos sistemas por su nivel de precisión necesitan un tiempo determinado para capturar una huella legible y adicionalmente requiere de tiempo para el procesamiento.

Por otra parte atentaría contra los derechos de privacidad de las personas que usan el sistema de transporte, puesto que podría hacerse un rastreo de una persona en particular dentro del sistema. La alternativa biométrica se descarta como posible técnica para obtener información de los usuarios en el sistema TM.

b. ALTERNATIVA DE CÓDIGO DE BARRAS.

El código de barras¹⁵ es un código basado en la representación mediante un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto contienen una determinada información. Es decir, las barras y espacios del código representan pequeñas cadenas de caracteres.

¹⁵ Código de barras (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras

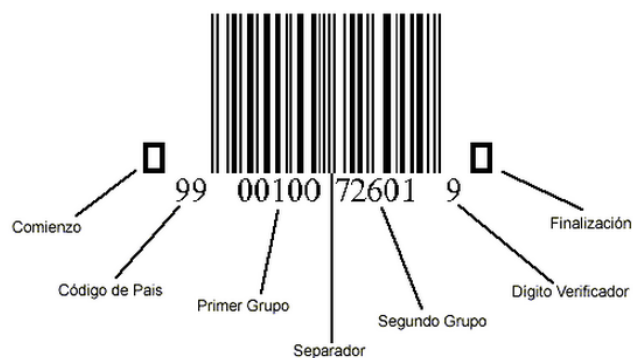


Ilustración 16: Ejemplo de un código de barras. Fuente: <http://alysu.wordpress.com/2007/11/20/el-codigo-de-barras/>

De este modo, tal como se muestra en la ilustración 16, el código de barras permite reconocer rápidamente un artículo de forma única, global y no ambigua en un punto de la cadena logística, para así poder realizar inventario o consultar sus características asociadas.

Actualmente, el código de barras está implantado masivamente de forma global.

Esta alternativa para TM requiere que cada usuario porte un objeto (una superficie) a la que se pueda pegar un código de barras, el sistema TM utiliza tarjetas para el sistema de cobro de tiquetes, estas tarjetas serían la superficie a la cual puede pegarse el código de barras. Obviando el sistema de generación de los códigos de barras y el proceso de producción de dicho código pegados a cada tarjeta que pueden ser administrados de forma fácil y rápida por una empresa en el mercado especializada en este tipo de productos, el otro lado a analizar de esta alternativa está en el mecanismo de lectura de los códigos de barras.

En este punto existen innumerables casos de referencia en el mercado, especialmente el sector comercial como son los supermercados o grandes superficies, gran parte de los productos disponibles para la venta en estos establecimientos son etiquetados con un código de barras que

identifica el producto, al final del proceso de compra el producto pasa por una caja registradora en la cual está ubicado un lector de código de barras que despliega un haz de luz laser para leer el código de barras, una vez el laser impacta el código de barras el sistema registra el producto como un artículo que tiene un determinado precio y descripción y así es sumado a la cuenta del comprador, este proceso se repite incontables veces en un día y ayuda a facturar todos los artículos de miles de usuarios y hace más eficiente el proceso ventas y facturación.

Factibilidad en TM:

Implementar un sistema de código de barras para rastrear la ruta usada por los usuarios dentro del sistema TM implicaría:

- Desarrollar el sistema de identificación por código de barras para las tarjetas. Valga recordar lo mencionado previamente, cada código es único mundialmente, por lo cual cada tarjeta debe contar con uno código único de igual manera el cual es asignado en Colombia por medio de GS1¹⁶ y el mismo tiene un valor comercial de asignación de aproximadamente \$50.000 COP.

Es por lo anterior que para una transacción comercial de venta de productos de consumo esta tecnología es viable dado que un código de barras hace referencia a un producto único tal como una golosina de fresa de la marca X, pero a su vez ese código de barras es reproducido masivamente en millones de productos de iguales

¹⁶ GS1 Colombia hace parte de la red mundial GS1, la cual está conformada por 105 organizaciones que prestan servicios a diversos sectores industriales y económicos, en más de 150 países, siendo el único lugar autorizado en el país para obtener un código de barras del estándar GS1. <http://portal.gs1co.org/>

características (golosina de Fresa) generando la factibilidad de su implementación y uso.

En el caso de TM si un mismo código de barras es entregado a más de un usuario, la trazabilidad de rutas y del comportamiento de los usuarios sería alterado, generándose información errónea o no confiable.

- En los sistemas de torniquetes es necesario remplazar los lectores de RFID usados actualmente para leer las tarjetas por un sistema de lectura de código de barras.
- Incentivar el cuidado de las tarjetas por parte de los usuarios dado que un cambio en la visibilidad del código acarrearía errores y problemas en la lectura.
- Generar la conciencia dentro de los usuarios de la necesidad de usar la tarjeta tanto al ingreso como a la salida del sistema tal como en los inicios de TM.

Lo plantado anteriormente hace que la inversión en infraestructura en cuanto a la adaptación de los torniquetes actuales para la aceptación de la nueva tecnología, así mismo la compra de cada uno de los códigos de barras para cada tarjeta actual y para cada una futura hacen inviable esta alternativa.

c. ALTERNATIVA DE RFID

En este momento la empresa Angelcom S.A encargada del recaudo de TM esta usa para sus tarjetas de pago la tecnología RFID, la cual es la tecnología de mayor penetración en el mercado de dispositivos para el transporte público y recaudo de dinero de forma electrónica, actualmente las tarjetas usadas en su mayoría tienen el aspecto de la ilustración 17, en otros casos estas pueden estar personalizadas para determinadas instituciones como universidades.



Ilustración 17: Tarjetas RFID usadas como medio de pago por sistema TM. Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=93393573>

La definición de RFID (siglas de Radio Frequency Identification, en español identificación por radiofrecuencia) es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.¹⁷

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasarla en formato digital a la aplicación específica que utiliza RFID.¹⁸

¹⁷ RFID (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

Entre las alternativas contempladas para la implementación técnica del sistema de medición de demanda de las rutas la más opcionada consiste en usar la tecnología RFID como mecanismo de rastreo de las personas en el sistema de transporte.

En este momento las estaciones de TM cuentan con un sistema de control de acceso (torniquetes) equipados con lectores o escáneres de las tarjetas RFID, estos escáneres necesitan que la persona acerque su tarjeta de TM una distancia mínima de 2 cm, con esto la tarjeta inicia la comunicación y el intercambio de valores que termina con el descuento del precio de un pasaje, la ilustración 18 muestra un torniquete de ingreso y salida con lectura de tarjetas RFID.



Ilustración 18: Control de acceso (torniquete) de una estación de TM. Fuente: Elaboración propia.

Durante esta transacción la tarjeta intercambia entre otras un identificador único, este identificador es el elemento clave para el rastreo de la tarjeta dentro del sistema de recaudo, lo que nos arroja al final el rastreo del usuario dentro de sistema TM ya que el usuario usará esta tarjeta para el ingreso y para la salida de cada una de las estaciones que visite durante su recorrido.

El usuario inicia su recorrido en una estación “A” del sistema, la estación de origen desde la cual inicia el recorrido es la estación PORTAL DEL NORTE.

Una vez dentro de la estación el usuario ingresa por el control de acceso pasando su tarjeta por el escáner de ingreso, en este momento el sistema inicia el proceso de recaudo correspondiente y efectúa el descuento del valor del pasaje, paralelamente el sistema relacionará en la base de datos el ID de la tarjeta con el ID de la estación, la hora y la fecha, es decir, en la base de datos relacional se obtendrá una tabla como la siguiente:

OPERACIÓN	ID TARJETA	ID ESTACIÓN	HORA	FECHA
INGRESO	100	14	7:30	03-FEB-2012

Tabla 2: Información de ingreso al sistema. Fuente: Elaboración propia.

Convenciones:

OPERACIÓN: Describe como detecta el control de acceso la tarjeta dentro del sistema, en este caso el usuario pasa la tarjeta por un escáner de ingreso, por lo tanto la operación estará identificada en la base de datos como INGRESO.

ID ESTACIÓN: Este valor es un valor numérico y relacional en la base de datos que corresponde al nombre de una estación de TM como por ejemplo Portal Norte.

ID TARJETA: Valor numérico y relacional en la base de datos que corresponde a un número único que identifica la tarjeta en el sistema RFID.

En la estación de destino final denominada “Z”, para este ejemplo la estación llamada VENECIA, el usuario debe pasar nuevamente la tarjeta por el escáner de salida en el control de acceso, en este momento el sistema tomará el registro en la base de datos de la siguiente forma:

OPERACIÓN	ID TARJETA	ID ESTACIÓN	HORA	FECHA
SALIDA	100	20	8:15	03-FEB-2012

Tabla 3: Información de salida del sistema TM. Fuente: Elaboración propia.

En este punto la base de datos posee un registro exacto del recorrido hecho por la tarjeta dentro del sistema de estaciones de TM, la base de datos puede contener un registro como el mostrado en la siguiente tabla:

OPERACIÓN	ID TARJETA	ID ESTACIÓN	HORA	FECHA
INGRESO	100	14	7:30	03-FEB-2012
SALIDA	100	20	8:15	03-FEB-2012

Tabla 4: Información de un trayecto. Fuente: Elaboración propia.

En este caso la estación de origen “A” corresponde al ID 14 y la estación de destino “Z” corresponde al ID 20. Completando así el rastreo del usuario dentro del sistema y entregando la ruta “A-Z” (PORTAL DEL NORTE - VENECIA) utilizada por el usuario. En la ilustración mapa a continuación muestra un ejemplo sobre el mapa real del sistema.

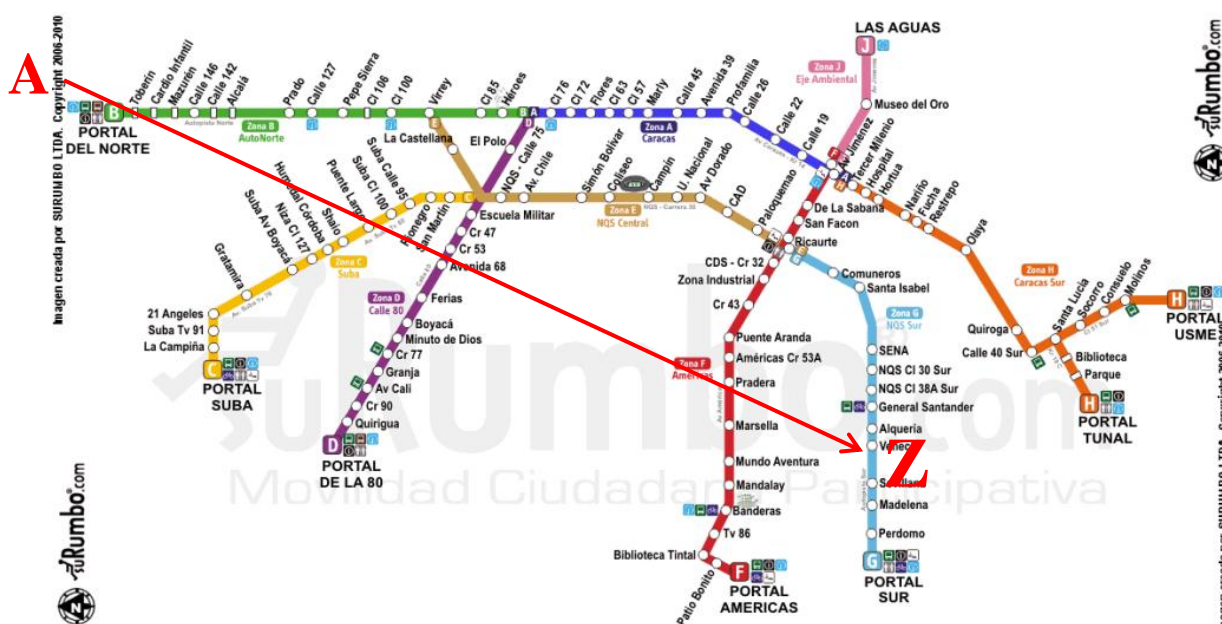


Ilustración 19: Mapa de las estaciones del sistema Transmilenio. Fuente:

http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TMSA_TMEncifras_SeguimientoDeLaDemanda
Ajustes adicionales.

Factibilidad en TM:

Teniendo en cuenta que la demanda promedio de entradas al sistema es de 192.000 usuarios en hora pico de la mañana (Información tomada del documento “Seguimiento de la demanda.ppt”¹⁹

¹⁹ Seguimiento de la demanda (s.f). Recuperado de http://www.Transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TMSA_TMEncifras_SeguimientoDeLaDemanda

del año 2010) y que la recién puesta en marcha de a fase III por la 26 aumentara seguramente dicho volumen, el sistema debe ser capaz de soportar el procesamiento y almacenamiento en la base de datos de más de 192.000 registros de entradas y el mismo número de salidas en las horas pico de demanda de uso del sistema, para este caso sólo en la hora pico de la mañana. Este será el valor crítico al que debe someterse el sistema completo y es el punto de partida para el diseño de los componentes de la plataforma que debe dar soporte a la operación de recaudo y a la vez a las operaciones de registro de las rutas “A-Z” de los usuarios.

El dimensionamiento del sistema debe basarse en el poder de computo y almacenamiento existente en el centro de procesamiento por lo tanto de ser necesario Angelcom S.A. deberá ampliar sus capacidades agregando elementos al sistema en cuanto a recursos de almacenamiento o re potenciamiento del existente para garantizar la disponibilidad e integridad de la información que se genere por la implementación del sistema RFID. Esta ampliación implicaría un sobre costo adicional, el cual no será de mayor magnitud dada la opción de almacenamiento en línea (Nube)²⁰ este costo debe ser inferior al de implementar un sistema desde cero dedicado exclusivamente para este fin, partiendo del hecho de que el sistema inicialmente estaba diseñado para la lectura de las tarjetas tanto al ingreso como a la salida del sistema.

²⁰ Computación en la nube: Cloud computing es un nuevo modelo de prestación de servicios de negocio y tecnología, que permite al usuario acceder a un catálogo de servicios estandarizados y responder a las necesidades de su negocio, de forma flexible y adaptativa, en caso de demandas no previsibles o de picos de trabajo, pagando únicamente por el consumo efectuado.

http://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n_en_la_nube

En cuestión de infraestructura la opción de RFID evaluada no genera en cuestión de infraestructura ninguna inversión adicional dado que los torniquetes existentes en cada estación cuenta con la lectura de las tarjetas de RFID para la salida como para la entrada la cuales se encuentran activas actualmente.

El aspecto que si genera colapso en cuanto a infraestructura es el embotellamiento de usuarios a la salida de las estaciones debido al tiempo adicional que se debe contemplar para el paso de la tarjeta, tiempo que se incrementa al no tener el habito del uso de la tarjeta para salir, como ejemplo típico los usuarios que no tienen lista la tarjeta al momento de pasarla, situaciones que se traducen en largas filas de espera, inconformismo y percepción de mal servicio. Cabe recordar que el espacio físico dentro de las estaciones es muy limitado y difícilmente podrían abarcar filas de usuarios al interior de las mismas, por lo cual se requeriría de delineamientos y gestiones en cuanto a organización para no colapsar internamente las estaciones con de filas y tumultos de usuarios urgidos por salir.

El modelo del sistema de RFID se plasma en la ilustración 20 en la cual el proceso de escaneo de la tarjeta RFID en el ingreso y la salida del sistema provee la información a ser almacenada inicialmente y posteriormente a ser administrada y computada por los administradores del sistema, resultando en procesos de planeación, programación y toma de decisiones.

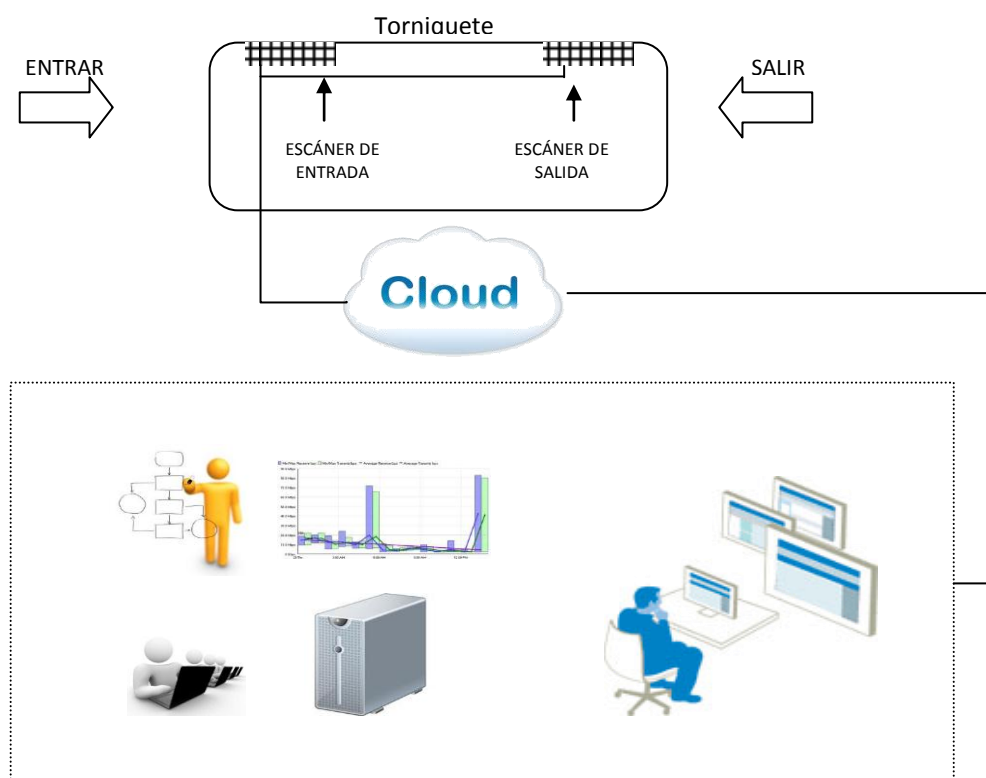


Ilustración 20: Simulación del modelo de uso de tarjetas RFID como fuente de captura de información de usuarios de TM.
Fuente: Elaboración propia.

Como el embotellamiento en las salidas del sistema se convierte en un punto crítico, es requerido tomar medidas de educación ciudadana que ayude a mitigar el impacto de esta situación:

- Implementar un artículo que permita conservar la tarjeta de lectura a la mano. Actualmente los usuarios guardan la tarjeta en la billetera, en el morral o en los bolsillos de la ropa y, por costumbre, no la tienen lista en el momento de la salida de la estación. Esta situación también la viven centros de convenciones o plantas de trabajo de alta capacidad. Una cintilla para el cuello podría ser un accesorio económico para entregar a los usuarios.

- Se requiere de una campaña agresiva de uso de la tarjeta y de la importancia del artículo. Se puede utilizar algunas vallas administradas por Publimilenio por un tiempo que debe ser definido por los expertos en publicidad que ya tiene la compañía. Los costos de generar esta forma de comunicación no es costosa sin embargo el costo de oportunidad por sacrificar otra publicidad pago debe ser costeada.

SISTEMA PROPUESTO

Finalmente de las alternativas propuestas, el generar un modelo que describa el comportamiento y operación del sistema TM requerirá de mucha investigación y de la aplicación de estadísticas y algoritmos los cuales ya han sido foco de estudio de algunas universidades y grupos de investigación, pero estos no resultan convenientes dadas las condiciones de demografía cambiante tanto en cantidad como en características de los usuarios (situación típica de una Ciudad Capital como Bogotá), denotándose que un Sistema de transporte masivo como TM no requiere de modelos supuestos si no de herramientas de captura de información real, valiosa y analizable para la toma de decisiones en cuanto a planeación y ejecución que contribuyan a la optimización y elasticidad del sistema, por lo anterior y dadas las propuestas previamente evaluadas, se concluye que la opción más viable desde diferentes puntos de vista es la extensión de algunas de las tecnologías con las que ya cuenta el sistema como son el uso de tarjetas con RFID a otros componentes por ahora sin importancia dentro de TM como lo son los torniquetes salida de las estaciones, lo cual derivaría en resultados favorables para la operación del sistema y sería una respuesta rápida y de implementación práctica para enfrentar el caos del sistema y la problemática de movilidad actual.

CAPITULO IV: BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE MEDICION DEL COMPORTAMIENTO DE LOS USUARIOS DE TM

Con la implementación del sistema evaluado de uso de tarjetas RFID tanto al ingreso como a la salida del sistema se estaría obteniendo información valiosa para el logro de los dos objetivos claramente identificados dentro de la problemática actual:

1. Optimizar los recursos del sistema.
2. Garantizar una operación elástica del sistema

Mediante la captura, procesamiento y análisis de la información obtenida en cuanto a:

1. Información referente a usuarios
2. Información referente a rutas
3. Información referente a estaciones

BENEFICIOS DE IMPLEMENTACION:

DIMENSIONAMIENTO DE VEHÍCULOS REQUERIDOS

Con la información obtenida día a día referente a los usuarios y su conducta de uso se podrá determinar comportamientos masivos de los usuarios que permitan programar efectivamente todas las rutas del sistema de acuerdo a las necesidades identificadas en cuanto a la demanda de trayectos y horarios de los mismos, asegurando la correcta disposición de los recursos frente a los requerimientos de los usuarios así como de los horarios establecidos.

Disposición de recursos que será continuamente re ajustada dada la nueva información que se obtenga del comportamiento de los usuarios diariamente, lo cual no generara dificultad ni re trabajos dado que la información capturada será administrada al sistema GoalBus® para que

realice la definición óptima de horarios y rutas de acuerdo a restricciones de recursos que se tengan garantizando el cumplimiento de los objetivos de calidad de servicio. Cabe anotar que este sistema GoalBus® no hace parte de la propuesta de este trabajo, dado que TM ya cuenta con este sistema desde sus inicios donde fue una herramienta clave para el dimensionamiento de las necesidades del sistema, pero en la actualidad este programa está siendo enfocado en una etapa posterior a la de optimización de los recursos Buses y/o articulados, específicamente su uso está enfocado en la planificación del recurso humano Conductores dentro del sistema, es decir esta únicamente siendo empleado como planificador de recurso humano, no siendo utilizado en toda su capacidad la cual tendría el alcance necesitado en cuanto a la planificación de otros recursos como lo son en este caso los buses y/o articulados.

CORRECTO USO DE LOS RECURSOS

Buses y/o articulados:

Una vez determinada la planeación de acuerdo a el correcto uso de los recursos en cuanto a la disposición de los mismos para garantizar la satisfacción de la demanda sin redundar en sobrecupo, se garantizaría también el buen uso de los buses de acuerdo a las especificaciones del fabricante, no cayendo en excesos inconvenientes para los buses que en la actualidad se ven reflejados en continuas fallas de los buses cuando los mismos están en servicio, lo cual se traduce en congestiones, incumplimientos en cuanto a servicio y por supuesto sobrecostos para el sistema.

Finalmente este aspecto del buen uso de los recursos reduciría los requerimientos a los mantenimientos programados de cada recurso para su sostenimiento y eventuales

mantenimientos preventivos y/o correcciones en caso de ser requeridas reduciéndose a futuro las inversiones en nuevos vehículos y en daños de los actuales.

Otros recursos:

Una vez se establezcan los cronogramas correctos de acuerdo a la demanda del sistema, se podrá dimensionar óptimamente el número de conductores necesarios para el manejo de los mismos. Así mismo como la disposición de personal en las taquillas y en la logística dentro de las estaciones de acuerdo a los diferentes horarios y sus afluencias de usuarios.

TOMA DE DECISIONES

Elasticidad del sistema TM:

Obtener información del comportamiento normal de los usuarios en tiempo real, (entiéndase por normal el comportamiento de un día común entre semana en el que los usuarios hacen uso del sistema a una hora frecuente tanto al inicio del día así como al final en la misma ruta) hará identificar con facilidad también en tiempo real cuando se estén presentando comportamiento atípicos en la demanda del servicio, dando la posibilidad de reaccionar ágilmente ante la demanda presentada, la cual se puede generar por diversos factores tales como la demanda atípica que experimenta TM un día con un evento deportivo que promueva la movilización y el uso masivo del sistema TM afectando rutas o estaciones específicas del sistema (ejemplo: final de futbol, afectación directa a rutas afluentes a la av Quito y a la estación el Campin), o casos más urgidos e inesperados como un evento terrorista o violento en determinada zona de la ciudad, generándose la necesidad del cambio de las rutas destinadas a la estación afectada en pro del bienestar y protección de los usuarios y del mismo sistema (ejemplo: atentado terrorista contra el Ex ministro Londoño en la estación de la calle 76) de soluciones contundentes .

En la Ilustración 21 de simulación del comportamiento de la demanda se observa un evento atípico en la ciudad Bogotá (Final futbol) en el cual se denota la necesidad de elasticidad administrativa y operativa de TM (área contenida entre el comportamiento de un día normal y un día atípico) en cuanto a identificar oportunamente el evento, evaluar las alternativas y tomar la decisión en cuanto a la re organización y disposición de recursos en tiempo real y oportuno.

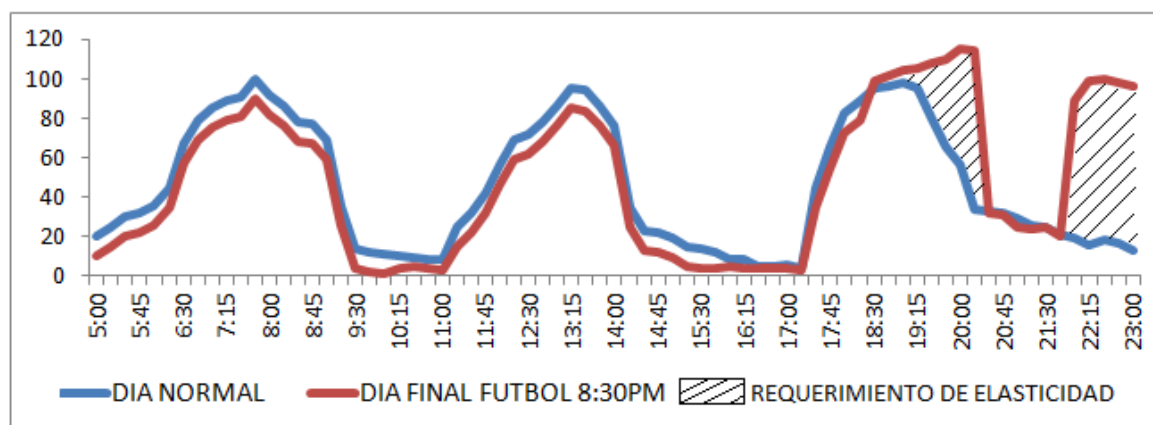


Ilustración 21 Simulación demanda típica y atípica de TM. Fuente: Elaboración propia.

SIMULACIÓN DE NUEVOS ESCENARIOS

Con la información obtenida del comportamiento de los usuarios se podrán plantear y evaluar acciones que promuevan el mejoramiento del sistema.

Al contar con información valiosa en cuanto al flujo de pasajeros y el horario en que los mismos usan en mayor cantidad el sistema permitiría evaluar otras alternativas de incentivo o desincentivo (según sea el caso) como opciones para descongestionar el sistema, siendo el caso ejemplo en el cual se determinó que en los días laborales el mayor flujo de pasajeros se presenta a entre las 7:00 am y 8:00 am, como consecuencia durante este horario se presentan congestiones, filas y demoras en la prestación del servicio. Para una situación como la planteada, se podría proponer para desincentivar el uso del sistema en ese horario una tarifa de

pago menor si los usuarios hacen uso del sistema después de las 8:00 am o antes de las 7:00 am. Este beneficio tarifario será atractivo para una parte de los usuarios lo cuales generaran un cambio en sus rutinas el cual se refleja en una operación más normal del sistema aun en las horas históricamente pico.

Por otro lado al obtener la información del comportamiento de los usuarios esta podrían ser base para la determinación de posibles sistemas tarifarios para TM en lugar de la tarifa única aplicada actualmente, lo anterior en beneficio del sistema y de los usuarios.

1. Determinación de tarifas según el trayecto: una vez determinado que el recorrido realizado fue de corta, mediana o larga trayectoria se podría tener una tarifa diferenciada para los usuarios.
2. Determinación de tarifa según el tiempo durado en el trayecto: el establecer diferentes tarifas para los diferentes rangos de tiempo que duraron los usuarios en el sistema TM.
3. Determinación de tarifa según la estación de ingreso: Dado que en la ciudad de Bogotá se cuenta con diferentes estratos socioeconómicos se podría determinar tarifas de para los mismos de acuerdo a la estación de ingreso.

Por otra parte por medio del uso de tarjetas diferenciadas o inteligentes para diferentes poblaciones se puede simular acciones o medidas de incentivo y desincentivo de uso de TM para una población en particular que permita tener una mejora en la descongestión, sea el caso de las estaciones del centro de la ciudad las cuales son usadas mayoritariamente por estudiantes universitarios y empleados del sector privado y público, los cuales hacen uso de TM para iniciar sus jornadas en los días hábiles a las 8:00 am congestionando notoriamente TM, dado lo anterior se podría promover que alguna de esas poblaciones sea el caso de los empleados del sector público de las sedes del centro (Contraloría, Procuraduría, ministerios, etc.) realicen

cambios en los horarios de trabajo de sus empleados teniendo unos horarios de ingreso y de salida una hora antes o después de lo normal (ej.: ingreso a las 9:00 am) generando una descongestión importante en ciertas estaciones y horarios.

PORTAL DE INFORMACIÓN AL USUARIO

La información obtenida con la implementación propuesta del sistema de RFID no solo es clave para la administración y operación del sistema si no que también lo puede ser para el usuarios para sus tomas de decisiones referentes al uso del sistema en cuanto a los horarios y trayectos de mayor conveniencia, lo anterior se podría realizar si en un portal virtual se provee información útil para los usuarios adicional a la que actualmente se provee (rutas). La información sería del orden de:

1. Cronograma de rutas e histórico de ocupación de las mismas.
2. Tiempos históricos de duración de los trayectos.

Con lo anterior un usuario puede proyectar de mejor manera sus viajes asegurando su comodidad y cumplimiento horario para su conveniencia.

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL

Dado el volumen de usuarios que experimenta el sistema en la actualidad son pocos los controles de seguridad que se puedan implementar, con la implementación del sistema propuesto se podrán identificar y controlar situaciones de riesgo, por ejemplo se podrán identificar tarjetas de usuarios que permanezcan en el sistema TM por un tiempo más prolongado que el normal del uso, denotándose que el usuario de dicha tarjeta puede estar haciendo el uso del sistema para posibles robos o abusos, es ahí cuando se pueden tomar medidas de control para la identificación de aquellos “usuarios”.

DETERMINACIÓN DE ESTACIONES CON MÁS AFLUENCIA

El conocer cual o cuales estaciones gracias a su ubicación o importancia son foco de mayores movilizaciones y mayor uso por parte de los usuarios, genera que se tomen decisiones estratégicas que prioricen dicha estación en cuanto a la infraestructura de la estación, taquillas y el recurso humano dedicado a dicha estación.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS RUTAS

Con el conocimiento total del sistema se podrán identificar necesidades de nuevas rutas, eliminación de algunas existentes siempre en pro del servicio y optimización del sistema.

DETERMINACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS PARA LAS PRÓXIMAS FASES DEL SISTEMA

La mejor operación representada en rutas correctamente planeadas para los usuarios del sistema en cada horario y día de la semana para el funcionamiento normal del mismo y mostrando la elasticidad operativa necesaria para afrontar los cambios del sistema, deberá ser tomada como una buena práctica operativa aplicable para las demás fases de TM.

CAPITULO V: PROJECT CHARTER DEL SISTEMA DE MEDICION DEL FLUJO DE PASAJEROS PROPUESTO.

ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO

PROJECT CHARTER

IDENTIFICACION DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto	Mejoramiento del sistema de captura de información del sistema de transporte masivo TM S.A. basado en tecnología RFDI con el fin de obtener cifras de transporte de pasajeros por trayecto desde una estación de ingreso hasta una estación de salida.
Fecha	Julio 20 de 2012
Unidad de Negocio/Área	Planeación
Promotor del Proyecto	Transmilenio S.A.
Gerente del Proyecto	Esteban Rangel ²¹

Justificación y/o Propósito del Proyecto

El objetivo del proyecto corresponde a implementar las mejoras de equipos de control de

²¹ Nombre Referencia. Efecto didáctico dentro del documento.

acceso, de comunicación y procesamiento en Transmilenio con el fin de conocer la cifra de pasajeros por trayecto, es decir, capturar la información de ingreso y salida de cada estación para que se convierta en una entrada de calidad para la planeación de la operación del sistema de transporte masivo TM S.A. utilizando como base la tecnología RFDI con la que ya cuenta el sistema. Incluye hacer más robusto el equipamiento ofimático, la habilitación de características de torniquetes actuales, la implementación de un artículo para transportar de manera fácil la tarjeta y el programa de educación y difusión a los usuarios del sistema.

Actualmente TM hace su planeación de la operación basado en cifras de ingresos de los usuarios al sistema en cada estación. Estos datos muestran la demanda en cada uno de los puntos en los diferentes horarios, sin embargo no refleja entradas determinísticas para obtener la mejor mezcla de buses y el diseño de servicios que haría el sistema más eficiente. La percepción de calidad de servicio por parte del usuario ha disminuido considerablemente en los últimos cuatro años. De manera que, la administración distrital, la empresa TM S.A. están muy interesados en obtener una mejora que no sacrifique el modelo actual, que tenga costos manejables y que de cómo resultado mejoraría en los indicadores del sistema, la forma más conveniente para la captura de información involucraría al operador de recaudo que puede percibir de esta implementación lucro o condiciones de permanencia en la concesión de la operación que tiene.

Definición del Producto del Proyecto

Sistema de captura de información mejorado de pasajeros que registran el ingreso en una estación y registran la salida en otra estación en tiempo real.

Definición De Los Requerimientos Del Proyecto

- 1) **Habilitación y configuración de lector de control de acceso en ambos sentidos por torniquete.**
- 2) **Selección de artículo que facilite el transporte de la tarjeta RFDI por parte de los pasajeros.**
- 3) **Estudio de requerimiento exacto de equipos ofimáticos para la centralización de la información recogida desde los lectores de los torniquetes ubicados en cada una de las estaciones del sistema.**
- 4) **Diseño de esquema publicitario de la nueva estructura del sistema de captura de TM S.A. dirigido a los usuarios.**

Involucrados claves y sus expectativas

Las partes interesadas del proyecto corresponden a:

- El (los) operador(es) de recaudo: Actuarían como patrocinadores del proyecto, ellos tienen la concesión del recaudo del sistema y por medio de este esquema entregan información estadística a TM S.A. en la operación. Su interés se centra en tener un servicio adicional o mejorado que ofrecer a TM por el que pueda percibir ingresos adicionales a los establecidos.
- TM S.A. Actúa como patrocinador del proyecto financiando parte del desarrollo del mismo o como cliente del operador de recaudo que estaría interesado en proponer un incremento de participación en la tarifa a este con el fin de obtener información que permita mejorar la percepción de calidad por parte del usuario y mostrar mejoras a la administración distrital.
- El usuario del sistema: Es el ciudadano que usa el sistema y quien expresa su percepción de servicio. El está en búsqueda de mejores tiempos de traslado en la ciudad, de

servicios acorde a sus necesidades. Es un factor de presión ante la administración distrital que hace uso de protestas, marchas, quejas, entre otros. Es el actor que paga por el servicio que presta TM como sistema.

- La ciudadanía: Corresponde a la población colombiana y bogotana que toma posición de agrado o desagrado frente al sistema. Una importante proporción ve a TM como factor de imagen de su ciudad o país frente al exterior y se siente afectado por la imagen que proyecte. Adicionalmente toma decisiones acerca de medios de transporte alternativos que afectan la movilidad en la ciudad.
- Los empleados del sistema: las personas que trabajan en TM S.A. tienen la responsabilidad de mostrar mejoras del sistema a la administración distrital. Los cargos directivos pueden percibir que su contrato depende del desempeño del sistema y pueden ver sus cargos amenazados o asegurados con la implementación de un sistema que haga más exacta la planeación. De otro lado, los empleados de las compañías privadas que operan desean que las empresas donde trabajan tengan una buena imagen para la comunidad y el mercado laboral, buscan pertenencia y orgullo.
- La administración Distrital: La administración es un fuerte interesado y un patrocinador potencial. La alcaldía de Bogotá debe mostrar resultados en movilidad y TM es un punto clave en su agenda de trabajo. El alcalde mayor requiere mostrar que durante su periodo se adoptan políticas de mejoramiento. Según las cifras estadísticas del sistema cerca del 25% de bogotanos son usuarios del sistema TM y son muy sensibles a los cambios que se generen y los asocian con las políticas de la administración.
- Sistemas de Transporte de otras ciudades. Los ejecutivos de sistemas de transporte masivos implementados en otras ciudades ven a TM como un pionero en el modelo BRT y pueden adoptar las mejoras implementadas de acuerdo a los resultados que se tengan en él. Estarían dispuestos a pagar asesorías y servicios de consultoría para implementarlos en sus propios sistemas.
- Proveedores de equipos de control de acceso, cómputo y telecomunicaciones. Los

proveedores son una parte interesada de mucho interés, juegan un papel importante porque son quienes desarrollan las innovaciones que se requieren para implementar en el sistema. Los proveedores de equipos que usa actualmente el sistema están interesados en demostrar que son eficientes y adaptables con pequeñas mejoras y aprovechan los resultados que se muestren en TM para hacer negociaciones con otros sistemas de transporte existentes o con administraciones distritales que estén interesadas en hacer una implementación de este tipo.

Autoridad del Proyecto

El señor Esteban Rangel²², Representante Legal de la empresa Transit Logistic Solution²³ es designado como el gerente del presente proyecto.

- La Gerencia del proyecto está autorizada a presentar desfases en el presupuesto inicial hasta un máximo del 10%.
- Los desembolsos de recursos y pagos a terceros serán entregados a la Gerencia del Proyecto dos (2) días hábiles posteriores a la aprobación del área financiera de TM S.A.
- Puede realizar la contratación de proveedores según lo que es conveniente para el proyecto siempre y cuando estén alineados con las políticas de selección y evaluación de TM S. A.
- Puede contratar personal de apoyo externo según la fuerza de trabajo requerida.

Principales Entregables

²² Nombre Referencial.

²³ Nombre Referencial.

- 1) Diseño Completo del Sistema de Captura de Información.
- 2) Lectores de controles de acceso habilitados en los dos sentidos y configurados.
- 3) Artículo de transporte de tarjeta RFID por parte del usuario seleccionada, fabricada y distribuida.
- 4) Equipo de cómputo para recolección y centralización de información calculado, instalado y configurado.
- 5) Comunidad de usuarios y empleados capacitada e informada respecto al sistema mejorado de captura de información, para interactuar en él.
- 6) Evaluación preliminar a la implementación.
- 7) Informe final, conclusiones y recomendaciones.

ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO Y RECURSOS PREASIGNADOS

La gerencia del proyecto cuenta con los siguientes recursos de TM S.A. para el desarrollo del proyecto:

- Acceso a la información del manejo del sistema actual del proyecto, incluyendo sistemas de información, torniquetes de prueba, tarjetas RFDI de prueba.
- Una oficina en las instalaciones de TM S.A. en el área de operaciones, dotada de computador, teléfono, internet, celular.
- Asignación del Ingeniero de Planeación I en un 50% para la ejecución del proyecto.
- Dos conductores del operador SI 99 S.A. con disponibilidad del 30% cada uno.

- Salas de conferencia y medios audiovisuales para la presentación de diseños y maquetas.
- Informes de evaluación de la operación 2009, 2010 y 2011.

Restricciones y Principales Supuestos

- El uso de entrega de contraseñas a los usuarios que hace TM en días específicos refleja la necesidad de contar con una información de mejor calidad que relacione el lugar de ingreso y salida del pasajero en el sistema.
- La percepción de mal servicio por parte de los usuarios del sistema TM son dados por los tiempos de ingreso a las estaciones y los tiempos de espera para el abordaje al bus articulado.
- Generar información de usuarios del sistema TM por trayecto significa una mejora en la operación y la percepción de servicio sin modificar la infraestructura actual.
- Aunque la implementación de la lectura de la tarjeta RFID a la salida puede generar congestión, se cree que una información más precisa disminuye el tiempo de espera desde que el usuario se ubica en la sección de espera de la estación y el momento de abordar el vehículo que requiere, y por tanto las estaciones permanecen a igual o menor ocupación de las mediciones actuales.

Principales Riesgos Del Proyecto

- Saturación de los sistemas de cómputo y ofimáticos con la cantidad de información recolectada.

- Incompatibilidad entre la información capturada con el sistema mejorado y los sistemas de información utilizados para la planeación del proyecto.
- Cambio en los intereses de la administración distrital, TM S.A. y el operador de recaudo.
- Afectación de la percepción del servicio por parte del usuario del sistema debido a la generación de congestión por el proceso de toma de información en la estación de salida del sistema.
- Plan de divulgación no comprensible o confusa para el usuario que signifique que el cambio comportamental buscado no se dé en la ejecución del proyecto.

Aprobación del Proyecto

Se firma en la ciudad de Bogotá a los veinte (20) días del mes de Junio de 2012.

Como representante legal y Gerente General el señor Eduardo Rangel y como patrocinador del proyecto Maria Claudia Bolivar²⁴ Gerente de Servicio de Transmilenio S.A.

Eduardo Rangel

Maria Claudia Bolivar

Representante Legal

Gerente de Servicio

Transit Logistic Solution

Transmilenio S.A.

²⁴ Nombre Referencia. Efecto didáctico.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- La situación actual de la movilidad de Bogotá y en especial de Transmilenio es caótica por lo cual se deben enfocar recursos en optimizar el sistema TM, de tal manera que el mismo tenga un mejor nivel de servicio sin tener que incurrir en grandes afectaciones de tiempo y recursos para dicha optimización.
- La programación y planeación operativa de un sistema de transporte masivo debe basarse en la demanda que se genere por parte de los usuarios, la información de demanda puede ser generada mediante modelos algorítmicos, matemáticos o estadísticos que describan el comportamiento de los usuarios, pero dicha demanda no reflejaría situaciones atípicas a las que se somete el sistema de transporte agregando rigidez operativa al sistema.
- Un Sistema de transporte masivo como TM no requiere de modelos supuestos para la determinación de la demanda por parte de los usuarios como fuente idónea para su planeación operativa, si no de herramientas de captura de información real, valiosa y analizable para la toma de decisiones en cuanto a planeación y ejecución que contribuyan a la optimización y elasticidad del sistema.
- El contar con información real del comportamiento de los usuarios del sistema TM redundara en números beneficios tanto para la administración del sistema como para los mismos usuarios. Permitiendo tener un mejor nivel de servicio con la capacidad de

reaccionar de manera oportuna y adecuada a los comportamientos cambiantes de los usuarios y a situaciones atípicas de la ciudad (elasticidad operativa).

- TM cuenta con varios sistemas sofisticados de procesamiento información que generan la programación de servicios troncales por día y horario; sin embargo al estudiar la manera en que se recolecta la información de entrada a estos sistemas se evidencia una oportunidad de mejora que puede resolverse con el diseño e implementación de un sistema de captura de información tecnológico.
- Revisando los últimos avances en tecnología de acceso y recaudo se encuentra que los equipos que usa el sistema TM se encuentran vigentes y pueden ser adaptados como fuente de captura de de información. En este trabajo se hace una propuesta del sistema de mejora que incluye factores tecnológicos, de comunicación y de posesión de la tarjeta inteligente con tecnología RFID como parte del ingreso y salida de los usuarios del sistema.
- La extensión del uso de tarjetas con RFID tanto al ingreso como a la salida del sistema, es una fuente idónea para la captura de información valiosa y en tiempo real del comportamiento de los usuarios del sistema TM, información que de ser correctamente procesada y analizada para la toma de decisiones y programación, derivara en resultados favorables para la operación, satisfacción de los usuarios y la movilidad de Bogotá.

- Al implementarse el sistema de mejora objeto del presente trabajo, se obtendría mejores indicadores en efectividad de la programación de rutas del sistema que deben traducirse en una mejor percepción por parte del usuario. Sin embargo, con la información estudiada no puede desconocerse las causas externas que han contribuido a la problemática actual y que requieren atención así no hayan sido parte del alcance de este documento. Sugerimos un estudio de compatibilidad entre el objetivo de TM y SITP frente a las políticas establecidas por la administración distrital en pro de mejorar el desempeño del sistema desde el punto de vista social.

LISTA DE REFERENCIAS

Autobus de Transito rápido (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Autobús_de_tránsito_rápido.

Transmilenio S.A (2011). Informe de Gestion 2011. Recuperado de <http://www.transmilenio.gov.co/AdmContenidoUpload/administrador.contenido/Documents/Informe%20de%20Gesti%C3%B3n%202011.pdf>

Quienes Somos (s.f). Recuperado de http://www.TRANSMILENIO.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TMSA_QuienesSomos_SistemaDeTransporte_SistemaDeRecaudo

Portafolio de Servicios (s.f). Recuperado de http://www.TRANSMILENIO.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=PortafolioDeServicios_Conocimiento

Ospina, A. & Mosquera, V. (s.f). Historia del Transporte Público en Bogotá, Una crónica a todo. Recuperado de <http://www.museovintage.com/transporte/index.php>

Automated_identification_and_data_capture (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://en.wikipedia.org/wiki/Automated_identification_and_data_capture

Codigo de barras (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digo_de_barras

GS1 Colombia hace parte de la red mundial GS1, la cual está conformada por 105 organizaciones que prestan servicios a diversos sectores industriales y económicos, en más de 150 países, siendo el único lugar autorizado en el país para obtener un código de barras del estándar GS1. <http://portal.gs1co.org/>

RFID (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

Seguimiento de la demanda (s.f). Recuperado de http://www.Transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TMSA_TMEncifras_SeguimientoDeLaDemanda

Computación en la nube. (s.f). Enciclopedia Wikipedia. Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n_en_la_nube

LICENCIA DE USO – AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

Actuando en nombre propio identificado (s) de la siguiente forma:

Nombre Completo BARBERA CASTRO LIZETH ADRIANA

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 52.969.156

Nombre Completo BERMÚDEZ CELEBRADO MARIA ANCELICA LUCA

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: 1015396411

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

Nombre Completo _____

Tipo de documento de identidad: C.C. T.I. C.E. Número: _____

El (Los) suscrito(s) en calidad de autor (es) del trabajo de tesis, monografía o trabajo de grado, documento de investigación, denominado:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CAPTURA DE INFORMACIÓN DE PASAJEROS POR TRAYECTO PARA LA MEJORA DE LA OPERACIÓN LOGÍSTICA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO TRANS MILenio

Dejo (dejamos) constancia que la obra contiene información confidencial, secreta o similar: SI NO .
(Si marqué (marcamos) SI, en un documento adjunto explicaremos tal condición, para que la Universidad EAN mantenga restricción de acceso sobre la obra).

Por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Universidad EAN, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad EAN y a los usuarios de bases de datos y sitios webs con los cuales la Institución tenga convenio, a ejercer las siguientes atribuciones sobre la obra anteriormente mencionada:

- A. Conservación de los ejemplares en la Biblioteca de la Universidad EAN.
- B. Comunicación pública de la obra por cualquier medio, incluyendo Internet
- C. Reproducción bajo cualquier formato que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro
- D. Que los ejemplares sean consultados en medio electrónico
- E. Inclusión en bases de datos o redes o sitios web con los cuales la Universidad EAN tenga convenio con las mismas facultades y limitaciones que se expresan en este documento
- F. Distribución y consulta de la obra a las entidades con las cuales la Universidad EAN tenga convenio

Con el debido respeto de los derechos patrimoniales y morales de la obra, la presente licencia se otorga a título gratuito, de conformidad con la normatividad vigente en la materia y teniendo en cuenta que la Universidad EAN busca difundir y promover la formación académica, la enseñanza y el espíritu investigativo y emprendedor.

Manifiesto (manifestamos) que la obra objeto de la presente autorización es original, el (los) suscritos es (son) el (los) autor (es) exclusivo (s), fue producto de mi (nuestro) ingenio y esfuerzo personal y la realizó (zamos) sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de exclusiva autoría y tengo (tenemos) la titularidad sobre la misma. En vista de lo expuesto, asumo (asumimos) la total responsabilidad sobre la elaboración, presentación y contenidos de la obra, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Universidad EAN por estos aspectos.

En constancia suscribimos el presente documento en la ciudad de Bogotá D.C.,

NOMBRE COMPLETO: <u>BARRERA CASTRO LIZETH ADOYAN</u>	NOMBRE COMPLETO: <u>BERMUDEZ CELOZADO MARIA ANGELICA L.</u>
FIRMA: <u>[Firma]</u>	FIRMA: <u>[Firma]</u>
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>52.969.156</u>	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: <u>1015396111</u>
FACULTAD: <u>POSGRADOS</u>	FACULTAD: <u>POSGRADOS</u>
PROGRAMA ACADÉMICO: <u>GERENCIA DE PROYECTOS</u>	PROGRAMA ACADÉMICO: <u>GERENCIA DE PROYECTOS</u>

NOMBRE COMPLETO: _____	NOMBRE COMPLETO: _____
FIRMA: _____	FIRMA: _____
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____	DOCUMENTO DE IDENTIDAD: _____
FACULTAD: _____	FACULTAD: _____
PROGRAMA ACADÉMICO: _____	PROGRAMA ACADÉMICO: _____