



**TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL**

**ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL TRANSPORTE
PÚBLICO EN BUENOS AIRES.**

Autor: Nicolás Pizzagalli

**Director de Tesis:
Ing. Pablo Bereciartua**

2011

Resumen Ejecutivo

Urbanización de las sociedades

Vivimos en un mundo cada vez más urbanizado, donde más del 50% de la población se concentra en ciudades que son cada vez más grandes.

La concentración de las personas en las ciudades trae aparejado diferentes problemáticas. Entre ellas se destaca el transporte de los habitantes. A causa del gran volumen de tránsito vehicular en las ciudades se presentan los siguientes problemas:

- Congestión
- Accidentes
- Polución
- Ruido
- Intimidación
- Intrusión visual

Análisis sistémico del transporte

Para darles solución a estos problemas es necesario cambiar el paradigma del transporte sin recurrir a soluciones simplistas y poco efectivas como ampliar la infraestructura vial. Ésta solo será una solución transitoria, ya que a largo plazo incentivará el aumento del volumen de vehículos particulares que transitan por la ciudad, saturando nuevamente la capacidad vial.

La solución propuesta es hacer más atractivo el transporte público para reducir el caudal de vehículos en las calles, avenidas y autopistas de la ciudad.

Análisis del transporte público en Buenos Aires

Buenos Aires, como toda gran ciudad, no es ajena a estos problemas. Un análisis a su sistema de transporte público trae a la luz que este prácticamente no ha cambiado en las últimas 2 décadas convirtiéndose en una alternativa obsoleta frente a las necesidades cada vez más exigentes de los ciudadanos.

Comparación con el transporte público en Madrid

Investigando como las ciudades del primer mundo consiguieron mejorar sus transportes públicos se revelan estrategias como la de Madrid, que mediante la aplicación de nuevas tecnologías forjaron un nuevo concepto, el de “transporte inteligente”.

Solución propuesta

La propuesta de este trabajo es aplicar tecnologías de telecomunicaciones e informática a la red de colectivos de Buenos Aires para modernizarlo y convertirlo en una alternativa atractiva al transporte en automóvil particular.

Concretamente se propone la aplicación de 2 sistemas:

- Sistema de localización vehicular (AVL)
- Sistema de regulación de semáforos

El sistema de localización vehicular tiene como función brindar la localización exacta en tiempo real de cada colectivo. Esta información luego es utilizada por la empresa prestadora del servicio y por los usuarios. La empresa conseguirá una gestión más eficiente de las unidades (controlar frecuencias, identificar cambios de ruta, entre otras). Los usuarios podrán consultar, vía Internet o celular, el tiempo de espera para el arribo del colectivo a la parada. Anexado a este sistema, se propone instalar paneles de información en las paradas más importantes con la información on-line. De esta manera se reduce la incertidumbre del transporte público y posibilita a los pasajeros un planeamiento más eficiente de sus viajes.

El sistema de regulación semafórico está orientado a darle prioridad al transporte público respecto del particular. Mediante una conexión entre el colectivo y el semáforo se logra coordinarlos para reducir su tiempo de espera a través de diferentes cambios de secuencia de las luces del semáforo. Se genera una “onda verde” para el transporte público que impacta directamente en la reducción del tiempo de viaje.

Evaluación del proyecto

Utilizando como referencia el caso testigo de Madrid se estimó la demanda marginal generada por el proyecto. También se cuantificaron las inversiones necesarias para su puesta en marcha y los costos operativos para su funcionamiento. Se planteó un flujo de fondos del proyecto a 10 años, del cual se obtuvieron los respectivos indicadores económicos:

- Período de Repago: 2,1 años
- TIR: 63%
- VAN: \$ 1.102 millones

Para el cálculo del Valor Actual Neto se utilizó solo el costo del capital propio. Con el modelo KPM se llegó a una tasa del 11%.

Conclusiones

Los objetivos que se persiguen con la estrategia a implementar son:

- **Mejorar la prestación del servicio.** Brindar información on-line a los usuarios y reducir el tiempo de viaje convierte al transporte público en una alternativa atractiva, incentivando su uso.
- **Mejora la eficiencia del servicio.** La gestión “inteligente” posible gracias a la información disponible y al control de las operaciones en tiempo real incrementa la performance del sistema, pudiendo llegar a aumentar el número de personas transportadas hasta un 20% sin inversión en más unidades.

Alcanzando estos objetivos se consiguen impactos positivos en el sistema en dos planos diferentes pero fuertemente relacionados:

- **Impacto Económico:** En primer lugar se consigue aumentar los usuarios del transporte público, aportando un ingreso extra al sistema.
Actualmente el estado argentino paga subsidios por \$761 millones anuales a las empresas de colectivos de la ciudad de Buenos Aires. \$254 millones provienen del impuesto al gasoil, creado con el propósito de financiar al transporte automotor, y \$507 de otras fuentes de financiación.
En plena implementación del proyecto, los ingresos generados por el mismo alcanzarían para cubrir el 56% de los subsidios (no financiados por el impuesto al gasoil).
- **Impacto en el Medio Ambiente:** Por otro lado se reduce el número de vehículos en circulación al remplazar los viajes en auto por viajes en transporte público. Esto disminuye la congestión y elimina vehículos del espacio público dándole lugar al peatón.
Además se dejan de liberar a la atmósfera 620 mil toneladas de dióxido de carbono equivalente, esto significa una disminución del 15% de las emisiones de estos gases respecto a la actualidad.

Executive Brief

We live in an increasingly urbanized world, where over 50% of the population is concentrated in cities that are becoming larger every day.

This concentration of people in cities brings different problems such as time the transport of people. The main problems caused by the high traffic volume are:

- Congestion
- Accidents
- Pollution
- Noise
- Intimidation
- Visual intrusion

Transportation System Analysis

Searching for solutions to these problems makes it necessary to change the paradigm of transport as we know it, without resorting to simplistic and ineffective solutions such as expanding the road infrastructure. This will only be a temporary solution, and within some years will encourage the increased volume of private vehicles transiting the city, clogging the road capacity again.

The proposed solution is to make public transport more attractive to reduce the flow of vehicles on the streets, avenues and highways of the city.

Analysis of public transport in Buenos Aires

Buenos Aires, like any big city, is not a stranger to these problems. An analysis of its public transport system reveals that it has hardly changed in the last 2 decades, becoming an outdated option compared to the increasingly demanding needs of the citizens.

Comparison with public transportation in Madrid

When investigating how first-world cities managed to improve their public transport, strategies such as Madrid's are revealed, which through the application of new technologies created a new concept: "intelligent transportation".

Proposed Solution

The purpose of this work is to apply technologies of telecommunications and computer network on the buses system from Buenos Aires to modernize it and make it an attractive alternative to private car transportation.

Specifically the application of 2 systems:

- Automatic Vehicle Location (AVL)
- Traffic light control system

The automatic vehicle location system function is to provide the exact location in real time of each bus. This information is used by the company who provides the service and

also by users. The company will improve control over the units such as frequency control, identify route changes, etc. On the other hand, users will be able to get information about the waiting time in the bus stop, via Internet or the phone. Attached to this system is proposed to install information panels at bus stops with information on-line. This will reduce the uncertainty of public transport passengers and allow a more efficient planning of their trips.

The traffic light control system is designed to give priority to public transportation in despite to private transportation. Through a connection between the bus and the traffic lights this system reduces the waiting times changing the sequences of the traffic lights. It generates a "green wave" for public transport which directly impacts on reducing traveling time.

Project evaluation

The demand of the project was estimated using the experience of a similar case in Madrid. Also the investment needed for startup and operational costs were quantified and putted together for building the cash flow to 10 years. The economic indicators of the project are:

- Payback Period: 2.1 years
- IRR: 63%
- NPV: \$ 1.102 million

To calculate the net present value was use only the cost of equity. Using the KPM model it came to a rate of 11%.

Conclusions

The objectives pursued with the strategy to be implemented are:

- **Improve the transport service.** Providing information on-line to users and reduce travel time making public transport an attractive alternative, encouraging their use.
- **Improve efficiency of the service.** The available information and the control of operations in real-time make improvements in performance of the system, increasing the number of passengers carried up to 20% without investing in more units.

Achieving these objectives results in positive impacts on the system in two different but closely related levels:

- **Economic Impact:** The project will increase public transport users, providing extra income to the system.
Currently, the Argentine state pays \$ 761 million annually to Buenos Aires buses enterprises. \$ 254 million from a tax on diesel, created with the purpose of financing the public transport system, and \$ 507 from other sources.
In full implementation of the project, the income generated by it will be enough to cover 56% of subsidies (not funded by the tax on diesel).

- **Impact on the Environment:** On the other hand, the project aims to reduce the number of vehicles in circulation to replace car trips for trips using public transport. This reduces congestion and eliminates vehicles in public space giving more free zones to pedestrians.
In addition, the project will make transport to stop releasing into the atmosphere 620 thousand tons of CO₂; this means a decrease of 15% of greenhouse gas emissions compared to today.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. UN FUTURO URBANO	1
1.2. PROBLEMAS DE LAS MEGACIUDADES	3
1.3. EL TRANSPORTE Y SU ANALISIS SISTÉMICO	5
1.3.1. <i>Externalidades negativas del automóvil</i>	6
1.3.2. <i>Análisis sistémico al problema de la congestión</i>	6
1.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN	11
2.1. TRANSPORTE PÚBLICO EN BUENOS AIRES	11
2.1.1. <i>Transporte Automotor de Pasajeros (Colectivos)</i>	13
2.1.2. <i>Red Ferroviaria</i>	17
2.1.3. <i>Red de Subterráneos</i>	18
2.1.4. <i>Proyectos en curso</i>	19
2.2. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	23
3. CASOS DE ESTUDIO	25
3.1. CASO TESTIGO: MADRID	25
3.2. TECNOLOGÍAS APLICADAS AL TRANSPORTE PÚBLICO	29
3.2.1. <i>Sistema de ayuda a la Explotación (SAE) (2000-2004)</i>	29
3.2.2. <i>Proyecto e-Bus (2005-2007)</i>	30
3.2.3. <i>Sistemas de información al Cliente (2005-2007)</i>	31
3.2.4. <i>Video Vigilancia (2005-2007)</i>	33
3.3. COLECTIVOS: BUENOS AIRES VS MADRID	33
3.3.1. <i>Benchmark de indicadores</i>	33
3.3.2. <i>Factor de ocupación</i>	34
3.4. OTROS CASOS EN EL MUNDO	36
3.4.1. <i>Barcelona</i>	36
3.4.2. <i>Portland, Oregon</i>	36
3.5. SITUACIÓN ACTUAL EN LA ARGENTINA	37
3.5.1. <i>San Luis</i>	37
3.5.2. <i>Buenos Aires</i>	38
3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	39
4. PROPUESTA DE MEJORA	41

4.1 DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA	41
4.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	41
4.2.1 <i>Los sistemas inteligentes de Transporte</i>	41
4.2.2 <i>Los Sistemas Localización Automática de Vehículos (AVL)</i>	45
4.2.3 <i>Paneles de Información en paradas</i>	48
4.2.4 <i>Prioridad en semáforos</i>	48
4.3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO	52
4.3.1 <i>Análisis de la demanda</i>	53
4.3.2 <i>Precio</i>	59
4.3.3 <i>Ingresos (PxQ)</i>	59
4.3.4 <i>Inversiones</i>	60
4.3.5 <i>Costos operativos</i>	63
4.3.6 <i>Flujo de Fondos</i>	63
4.3.7 <i>Tasa de descuento (Wacc)</i>	64
4.3.8 <i>Cálculo de Indicadores de Rentabilidad (VAN y TIR)</i>	66
4.3.9 <i>Análisis de sensibilidad del proyecto</i>	67
5. CONCLUSIONES	69
5.1. IMPACTO ECONÓMICO	70
5.2. IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE	71
5.3. BARRERAS DEL PROYECTO	73
5.4. PRÓXIMOS PASOS A SEGUIR	73
6. BIBLIOGRAFÍA	75

1. INTRODUCCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. UN FUTURO URBANO

Según datos del Fondo de Población de las Naciones Unidas, “en el 2008, el mundo alcanzó un hito invisible pero trascendental: por primera vez, más de la mitad de su población humana, 3.300 millones de personas, vive en zonas urbanas”. Se prevé que esta tendencia se mantenga y que para dentro de 40 años se duplique la población de las ciudades, alcanzando una proporción del 70% de la población mundial. **(Figura 1)**

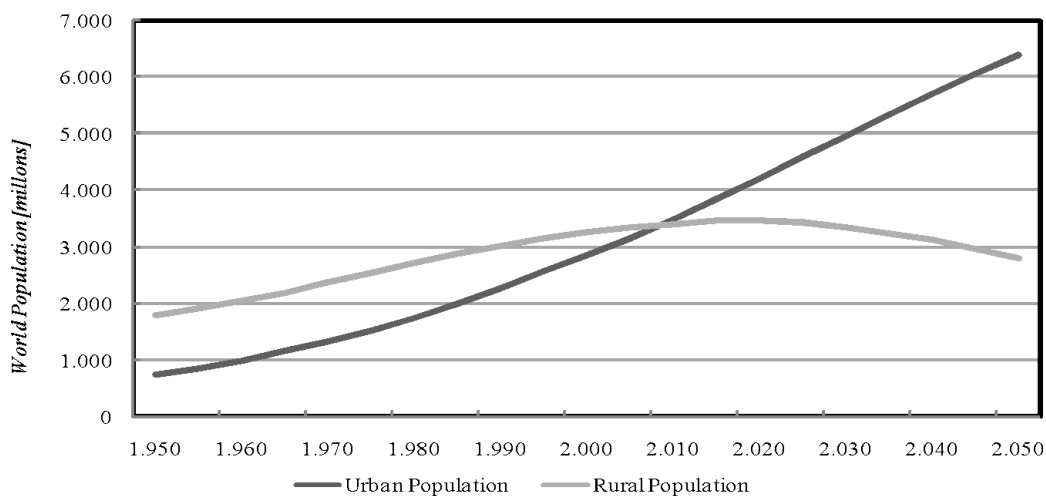


Figura 1: Evolución de las poblaciones urbanas y rurales

Figura1. Evolución de las poblaciones urbanas y rurales. Fuente: O.N.U

Este proceso de urbanización de las sociedades del mundo es causa de tres factores que actúan simultáneamente:

- Migración desde áreas rurales
- Crecimiento natural de las ciudades
- Reclasificación de áreas rurales a urbanas

En primer lugar, la migración de las personas desde las áreas rurales hacia las urbanas se debe a la búsqueda de una mejor calidad de vida, o de estilos de vida diferentes. En las ciudades hay una mayor oferta de empleos, empleos mejor pagos o más variados que en las zonas rurales, ya que allí es donde están concentrados los mercados y por consecuencia, donde se realizan las inversiones. Especialmente en los países en vías de desarrollo, donde se aplican políticas para promover el desarrollo económico, se van transformando las sociedades agrícolas en industriales.

Otro factor que aumenta la población urbana es el crecimiento demográfico natural de las ciudades, producto de una tasa de mortalidad menor a la de natalidad. Esto se debe en gran parte a los centros de salud, a la disponibilidad de alimentos para una dieta variada y la existencia de diferentes tecnologías al servicio de la sociedad, características propias de las grandes ciudades.

La tercera causa del crecimiento de la población que habita en las ciudades es la reclasificación de las aéreas rurales en urbanas. Este último factor es menos común que los dos anteriores, siendo la migración del campo hacia las ciudades la causa más importante cuando el asentamiento es pequeño y el crecimiento natural o vegetativo cuando la población es mayor.

Según datos de las naciones unidas, la población urbana en los países en desarrollo crecerá a una tasa anual promedio de 2,4%, el doble de la tasa de crecimiento de la población anual en esos países. A pesar de que la población urbana de los países desarrollados también crecerá más rápido que su población total, el crecimiento urbano en los países en desarrollo es más rápido y, en números absolutos, mucho mayor. La Argentina no es ajena a este fenómeno, ya que en la actualidad el 97% de su población es urbana. **(Figura 2)**

Figura 2: Grado de urbanización por país. Fuente: O.N.U.

A lo largo de la historia, los primeros poblados fueron creciendo y formando ciudades, sin embargo, no fue sino hasta la revolución industrial a finales del siglo XIX que el aumento acelerado de la población y la migración precipitaron el crecimiento de las ciudades a nuevos niveles históricos. Entre 1950 y 2000, principalmente como reflejo de las tendencias de la población en los países en desarrollo, la población urbana mundial aumentó más del triple, de 750 millones a 2,9 mil millones. En la actualidad estas

ciudades se convirtieron en centros urbanos de tal magnitud que se creó un nuevo concepto para identificarlas, ahora se las llama “Megaciudades”.

Una megaciudad es usualmente definida como un área metropolitana con más de 10 millones de habitantes. Puede estar conformada por una, dos o más áreas metropolitanas que se han unido físicamente. En 1950 sólo Nueva York tenía más de 10 millones de habitantes. Veinticinco años después también Tokio, Sao Paulo, Shanghai y México. Actualmente hay 19 megaciudades en donde habitan el 9% de la población mundial.

Megaciudad	País	Población 2007	Población 2025	Crecimiento anual 1975-2007 (%)	Crecimiento Anual 2007-2025 (%)
Tokyo	Japón	35,7	36,4	0,92	0,11
New York	USA	19	20,6	0,57	0,44
México D.F.	México	19	21	1,8	0,55
Bombai	India	19	26,4	3,08	1,83
San Pablo	Brasil	18,8	21,4	2,1	0,71
Delhi	India	15,9	22,5	4	1,92
Shanghai	China	15	19,4	2,24	1,44
Calcutta	India	14,8	20,6	1,96	1,83
Dhaka	Bangladesh	13,5	22	5,64	2,72
Buenos Aires	Argentina	12,8	13,8	1,19	0,41
Los Ángeles	USA	12,5	13,7	1,05	0,5
Harachi	Pakistán	12,1	19,1	3,48	2,52
El Cairo	Egipto	11,9	15,6	1,91	1,49
Río de Janeiro	Brasil	11,7	13,4	1,38	0,74
Osaka-Kobe	Japón	11,3	11,4	0,43	0,04
Beijin	China	11,1	14,5	1,91	1,5
Manila	Filipinas	11,1	14,8	2,49	1,6
Moscú	Rusia	10,5	10,5	0,99	0,04
Estambul	Turquía	10,1	12,1	3,21	1,03

Tabla 1. Población de megaciudades y su proyección.

1.2. PROBLEMAS DE LAS MEGACIUDADES

Los problemas de las grandes ciudades pueden derivarse de diversas estructuras urbanas:

- Estructura de desarrollo de la ciudad, es decir, como esta se ha desarrollado espacialmente, bajo la influencia de fuerzas políticas y económicas.
- Estructura demográfica
- Estructura de transporte, impacto por emisiones, necesidades crecientes de espacio, congestión, aéreas sin servicio o con servicio precario.
- Estructura de equipamientos, accesibilidad variable a equipamientos de salud, educación, justicia, comercios, seguridad y comunicaciones.

- Estructura de áreas verdes, disposición y disponibilidad de dichas áreas.
- Estructura morfológica, efectos psicológicos de la arquitectura urbana de la ciudad, deterioro, renovación urbana como respuesta.

Dentro de estas estructuras se pueden identificar los siguientes problemas principales propios de grandes aglomeraciones de personas.

Numerosos espacios marginados

El precio del suelo es el factor que determina la distribución de la población en los espacios urbanos. Los grupos con menor nivel económico habitan en las zonas más baratas, que son también las peor comunicadas y las que tienen servicios más escasos y de mala calidad. La situación es extrema en los países subdesarrollados: entre el 30 y el 60 % de la población habita barrios marginados y, en ciudades como Bombay (India), al menos medio millón de personas viven en la calle, sin hogar.

Problemas de transporte

Las ciudades tienen una red compleja para asegurar los densos flujos de personas y mercancías que se repiten diariamente. A pesar de esto, los atascos se suceden en las denominadas horas “pico”, que coinciden con la entrada y salida de los trabajos y con el horario de los comercios.

El abastecimiento y los residuos

Las ciudades necesitan grandes cantidades de agua, alimentos y energía para abastecer a sus habitantes y asegurar las actividades económicas, lo que hace necesario construir grandes infraestructuras. Por ejemplo, Los Ángeles (Estados Unidos) tiene dos acueductos de más de 1.000 km de longitud para aprovisionar de agua la ciudad. También es necesario evacuar la basura y las aguas residuales. Se calcula que los habitantes de Tokio generan unos cinco millones de toneladas de desechos cada año.

Conflictos sociales

La explosión urbana lleva aparejada la aparición e incremento de lo que se denominan «lacras sociales»: tribus urbanas, delincuencia, violencia, drogas, etc. Estos problemas existen fuera de las ciudades, pero la gran aglomeración de población facilita su manifestación.

Este trabajo se interiorizará en el problema del transporte de personas en las megaciudades y, aplicando tecnologías disponibles, buscará dar una respuesta aplicable en los países en desarrollo, y particularmente a la ciudad de Buenos Aires.

1.3. EL TRANSPORTE Y SU ANALISIS SISTÉMICO

El transporte es una actividad derivada de otras actividades que tienen lugar en un área geográfica determinada, sea esta un país, una región, una ciudad, una comuna o un barrio. El conjunto de actividades de residencia, producción, consumo, recreación, etc. que se produce en un lugar, denominado *sistema de actividades*, es el que genera ciertas necesidades de viajes o demanda por transporte. Esta demanda es satisfecha por el conjunto de vías, vehículos, terminales y por la forma como funcionan estos elementos; es decir, por el *sistema de transporte*. Esto se traduce en una interacción entre ambos sistemas que produce un *patrón de flujos*, constituido por viajes entre diversos orígenes y destinos, en diferentes medios o modos de transporte, por variadas rutas y en distintos períodos. Es una suerte de equilibrio entre la demanda y oferta por transporte. Su manifestación más evidente es el tránsito urbano, es decir, la circulación de personas y vehículos por los espacios públicos de la ciudad (veredas, calles, autopistas y líneas de subte).

La calidad con que la demanda por transporte es satisfecha por el sistema de transporte se denomina nivel de servicio de los viajes. El nivel de servicio producirá algunos efectos o impactos tanto sobre los usuarios del sistema como sobre el resto de los habitantes. Esto se traduce en efectos como:

- **Congestión:** aumento de tiempos de viaje de conductores, pasajeros y peatones.
- **Contaminación:** aumento de emisiones de contaminantes atmosféricos.
- **Riesgo:** aumento del número y gravedad de accidentes de tránsito.
- **Ruido:** aumento del nivel de ruido y vibraciones en calles y edificios.
- **Intimidación:** disminución del uso de las calles para otros fines (estar, jugar, pasear).
- **Intrusión visual:** disminución del campo visual por vehículos o infraestructuras.

Con el objetivo de eliminar o minimizar estos efectos se pueden inducir cambios tanto en el sistema de transporte como en el sistema de actividades. Estos cambios, a su vez, producirán un nuevo equilibrio generando un patrón de flujos distinto en la ciudad, el que puede ser mejor o peor que el original, dependiendo de sus impactos en los

habitantes. La dinámica de este sistema puede representarse con el siguiente diagrama (Figura 3).

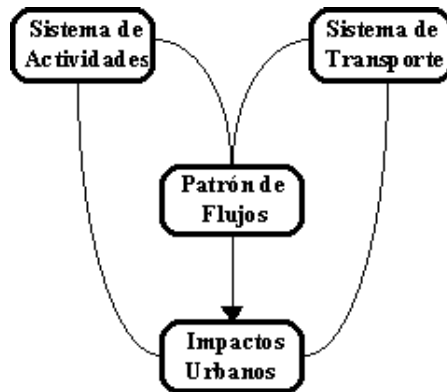


Figura 3. Dinámica del sistema de transporte urbano.

Un ejemplo del cambio inducido al patrón de flujos puede darse para solucionar el problema de la congestión. El aumento de los tiempos de viaje en transporte público entre la periferia y el centro de la ciudad puede llevar a la decisión de construir una nueva línea de metro (cambio en el sistema de transporte) o trasladar ciertos servicios, como colegios, bancos y oficinas, a los barrios (cambio en el sistema de actividades).

1.3.1. Externalidades negativas del automóvil

Una externalidad surge cuando un agente (empresa o individuo) provoca cambios en la producción o bienestar de otro agente, sin que medie compensación entre ambos. De esta forma, las externalidades pueden ser tanto positivas (las originadas, por ejemplo, por la educación) como negativas.

El automóvil genera externalidades negativas de gran importancia así como la congestión, la contaminación, los accidentes, el deterioro de las infraestructuras, y generará otras externalidades en el futuro, como los costos de la dependencia energética tal como ocurre en países desarrollados. Por ejemplo Europa depende cada vez más de los hidrocarburos importados. Actualmente se importa el 82% del petróleo consumido y se prevé que alcance el 93% para el 2030. Es habitual que esos costos no sean pagados directa o íntegramente por los usuarios del automóvil, convirtiéndose entonces en externalidades negativas.

A continuación se realizará una introducción al análisis del transporte urbano con una visión sistémica. Se analizarán dos diferentes soluciones posibles frente a un problema en particular, la congestión, y se determinarán sus impactos en el sistema.

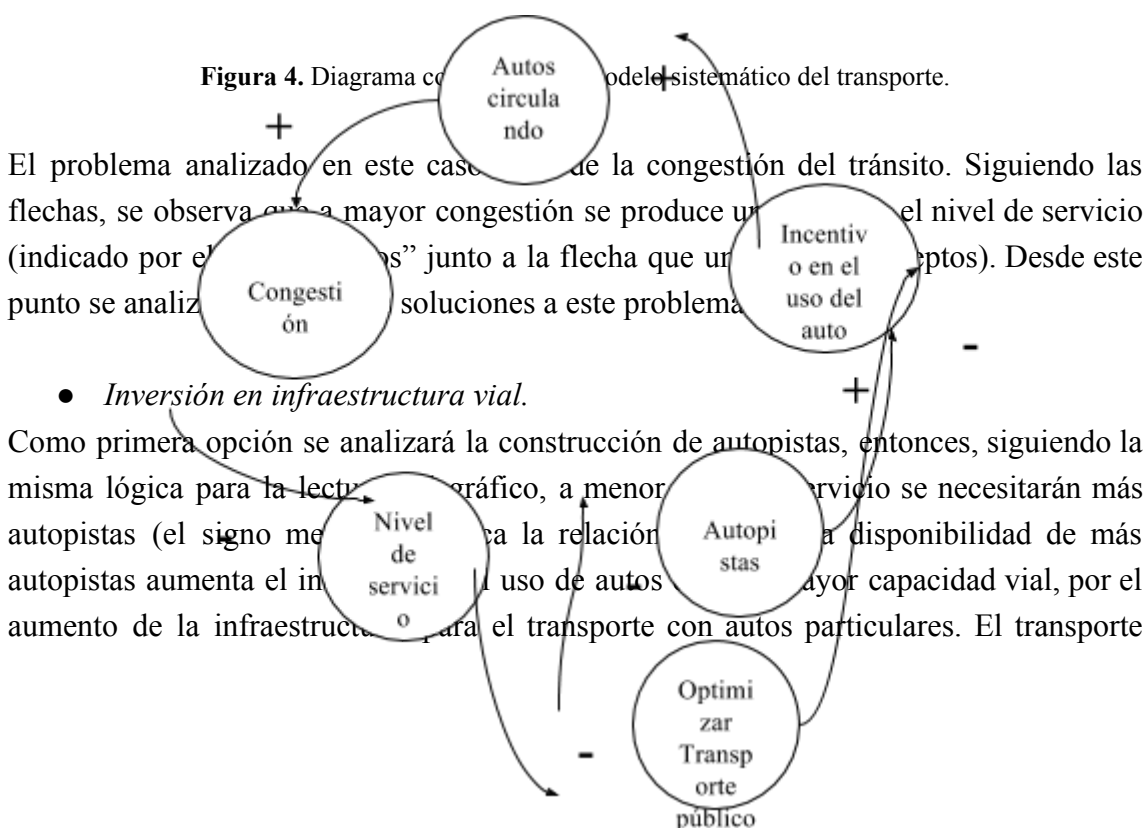
1.3.2. Análisis sistémico al problema de la congestión

Si bien todos los problemas del transporte son igualmente prioritarios, el aumento del tiempo de viaje (generado por la congestión) es el problema más inmediato en cuanto a su percepción, ya que afecta a la totalidad de los usuarios del transporte. Es por esto que la mayoría de las acciones impulsadas por los gobiernos, como pueden ser obras de infraestructura, buscan dar solución a este problema en particular. No obstante no siempre son acertados los caminos que se toman para su resolución.

Se plantea con insistencia que la solución a la congestión es el aumento de capacidad vial, es decir a más congestión más capacidad, enfoque erróneo para solucionar el problema de transporte urbano. En efecto, cuando se propone aumentar la capacidad se está implícitamente proponiendo disminuir el espacio disponible para cualquier otra actividad, desarrollando una ciudad pensada para el automóvil e incentivando su uso. La experiencia internacional muestra que este camino conduce a una ciudad igualmente congestionada pero con una vialidad más dominante sobre la ciudad; la escala de uso del automóvil cambia pero la congestión permanece luego de un alivio temporal ante grandes inversiones viales. Al recuperar los niveles de congestión, se vuelve a invertir en más infraestructura vial, en un proceso de deterioro urbano entrando en un círculo vicioso y sin resolver el problema de fondo.

En la **figura 4** se muestra de forma conceptual como actúa el sistema dinámico del transporte. Las flechas determinan el sentido de lectura y los signos la relación entre los conceptos, siendo el más (+) para las relaciones directas y el menos (-) para las inversas.

Figura 4. Diagrama conceptual del sistema dinámico del transporte.



público sufre la falta de inversión y queda obsoleto. Esta tendencia traerá como resultado el aumento de la cantidad de autos en circulación, que en el mediano plazo volverán a saturar las autopistas replanteando el problema de la congestión en el transporte.

- *Inversión en transporte público alternativo.*

En este caso, se propone resolver el problema de la congestión (causa del menor nivel de servicio) mediante modos de transporte alternativos al automóvil. Al enfocar los planes de mejora y las inversiones en el transporte público, mejorando su funcionamiento y convirtiéndolo en una opción más atractiva, los usuarios se verían incentivados a migrar del transporte unipersonal al público. Esta transformación en la forma de viajar de la población reduciría los autos en circulación y en su lugar prevalecerían medios de transporte alternativos. Esto reduciría el caudal de vehículos transitando resolviendo el problema de la congestión en el largo plazo, ya que no se trata de una solución destinada a aplacar los síntomas sino a modificar las causas.

De lo analizado anteriormente se concluye que reduciendo el flujo vehicular se minimiza el impacto negativo que el transporte tiene en la sociedad. Para esto es necesario cambiar el sistema de transporte. Las políticas sustentables son las que tienden a reemplazar gradualmente el predominio del automóvil en el transporte urbano por sistemas más eficientes. Para esto se deben analizar las alternativas al automóvil con el fin de identificar donde las acciones de mejora se potencian para conseguir el mayor impacto con los recursos disponibles, que siempre son escasos.

1.4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este trabajo se buscará resolver el problema del transporte en la ciudad de Buenos Aires. El “problema del transporte” refiere al efecto causado por el incremento del tránsito en la ciudad, que a causa de un transporte público poco atractivo, se traduce en una mayor utilización del automóvil particular. Este fenómeno trae aparejado los problemas de congestión del tránsito, polución y segregación de la persona para darle lugar a los vehículos.

Frente a la realidad de una ciudad cada vez más poblada, se hace evidente que es necesario encontrar una forma de que el transporte sea sustentable. Con este objetivo se desea brindar una propuesta para hacer más atractivo el transporte público urbano de la ciudad de Buenos Aires, particularmente el transporte en colectivo mediante la aplicación de tecnologías a estudiar en los capítulos posteriores.

Como conclusión cabe destacar una frase utilizada en una de las charlas de la versión local de TEDx que dio, en Buenos Aires, el arquitecto Jaime Lerner (tres veces alcalde de Curitiba). “Hay que pensar en ciudades para las personas, no para los autos”. Para ellos hace falta cambiar el paradigma del transporte.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el capítulo anterior se realizó una introducción al análisis del transporte urbano con una visión sistémica. Al analizar las diferentes soluciones posibles frente a un problema en particular (la congestión), se concluyó que la mejor alternativa consistía en reducir el flujo de automóviles, satisfaciendo la demanda de transporte mediante otros medios más convenientes.

Hecho el análisis de las externalidades negativas de los automóviles, resulta de suma importancia mencionar algunos números relacionados al transporte en la ciudad de Buenos Aires. Según datos oficiales hace diez años ingresaban en la ciudad 750.000 vehículos por día. Hoy son 1.320.000 vehículos diarios y se estima que en diez años serán unos dos millones. La mayor cantidad de autos particulares se refleja en las estadísticas del transporte público. Durante el primer cuatrimestre del 2010 bajó casi 7% la cantidad de pasajeros que usan trenes subtes y colectivos, según las planillas del Indicador Sintético de Servicios Públicos que elabora el INDEC.

2.1. TRANSPORTE PÚBLICO EN BUENOS AIRES

En la actualidad, existen alrededor del mundo una gran variedad de distintos medios de transporte público, los cuales se pueden dividir en cuatro grupos:

- **Colectivos:** Buses con motor de propulsión interna o trolebuses. Estos, según el sistema adoptado, transitan por las mismas calles que los autos o por carriles exclusivos a nivel.
- **Trenes ligeros:** Trenes o tranvías con motor eléctrico o de combustión interna que operan a nivel con segregación longitudinal.
- **Metros:** trenes eléctricos que transitan por vías totalmente segregadas, elevadas o subterráneas. Por ejemplo el subte.
- **Metro buses.** Son colectivos que además de contar con carriles exclusivos confinados combinan elementos de los metros, estaciones con acceso a nivel, prepago, múltiples puertas de acceso a los buses y control central.

Buenos Aires presenta un complejo sistema de transporte que brinda servicios no solo sus habitantes sino también quienes se trasladan desde las afueras hacia el centro de la ciudad, principalmente por motivos laborales. Es por eso que para analizar todo el sistema se debe tener en cuenta a la Ciudad de Buenos Aires y 43 Municipios de la Provincia de Buenos Aires que conjuntamente constituye la gran “Metrópolis” definida como Área Metropolitana (AMBA).

El Área Metropolitana involucra a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de aproximadamente 200 km², con una población cercana a los 3.000.000 de habitantes, y los partidos de la Provincia de Buenos Aires que la circundan, los cuales totalizan una superficie aproximada de 3.680 km², con una población cercana a los 10.000.000 de habitantes. En la **figura 5** se presenta la evolución de la población en las últimas 2 décadas.

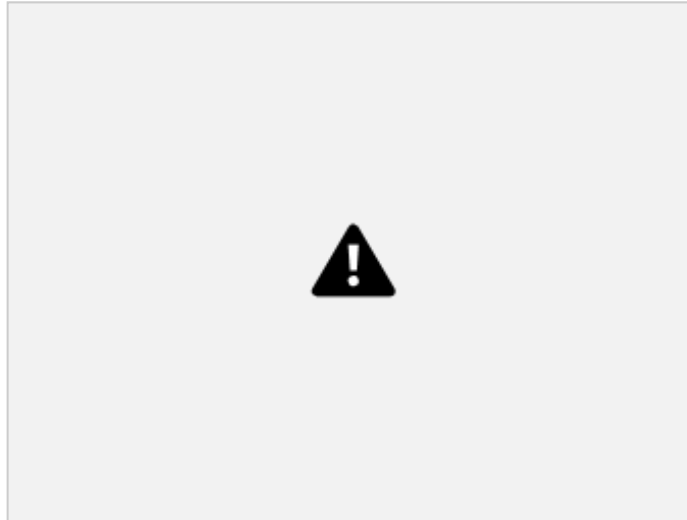
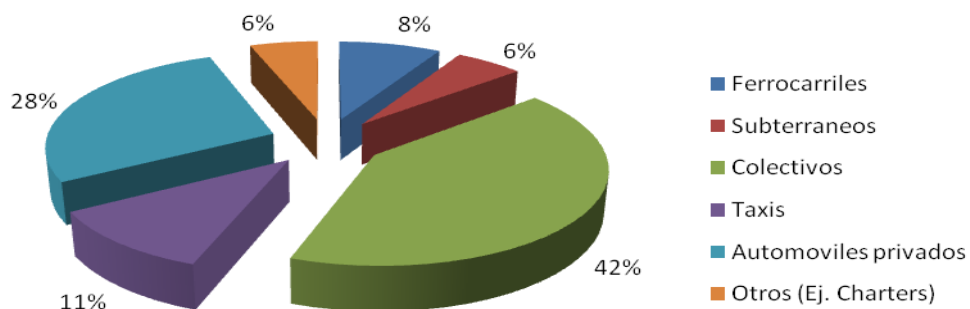


Figura 5. Resultado de los últimos 3 censos nacionales. Fuente: INDEC

Modos de transporte en el AMBA



Fuente: Informe del Banco Mundial

Figura 6. Modos de transporte en el AMBA. Fuente: Informe del Banco Mundial

Según un informe del Banco Mundial, en la región metropolitana se debe atender la movilidad de aproximadamente 13 millones de personas, lo cual origina unos 18 millones de viajes diarios. Se estima que los mismos se prestan según la siguiente división: 1,5 millones en ferrocarriles, 1,0 millón en subterráneos, 7,5 millones en transporte automotor de pasajeros, 2,0 millones en taxis, 5,0 millones en automóviles privados y 1,0 millón más en otro tipo de servicios, como por ejemplo, los charters.

A continuación se analiza cada medio de transporte en particular, con el fin de entender la situación actual, y poder identificar las falencias y las oportunidades de mejora del sistema de transporte público de Buenos Aires.

2.1.1. Transporte Automotor de Pasajeros (Colectivos)

En la Ciudad de Buenos Aires, según datos de la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), transitan 135 líneas de transporte automotor de pasajeros, algunas de recorrido local y un amplio número con recorridos interjurisdiccional. El Gobierno Porteño no tiene autoridad plena en el control del servicio de dichas líneas, pues sólo tiene potestad en lo concerniente a las faltas de tránsito y control ambiental. Con cierta restricción puede intervenir en lo atinente a recorridos y paradas, acción que puede ejercer frente a una extrema necesidad o emergencia.

El modo en cuestión sufre una fuerte desinversión desde 1997, supuestamente motivado por distintos vaivenes de la economía nacional. Como consecuencia, se ha prorrogado el plazo de vigencia de la vida útil de las unidades y ha declinado fuertemente el mantenimiento.

A todo lo descrito se suma la obsolescencia de las unidades y el inadecuado ordenamiento del tránsito, lo cual genera una seria afectación del espacio público, en especial en lo atinente a la calidad ambiental.

Este modo de transporte público es el más popular con un 42 % de participación en el total de viajes realizados debido a su gran versatilidad para alcanzar casi cualquier destino en el AMBA como por su gran área de influencia, como se observa en las **figura 7 y 8**:

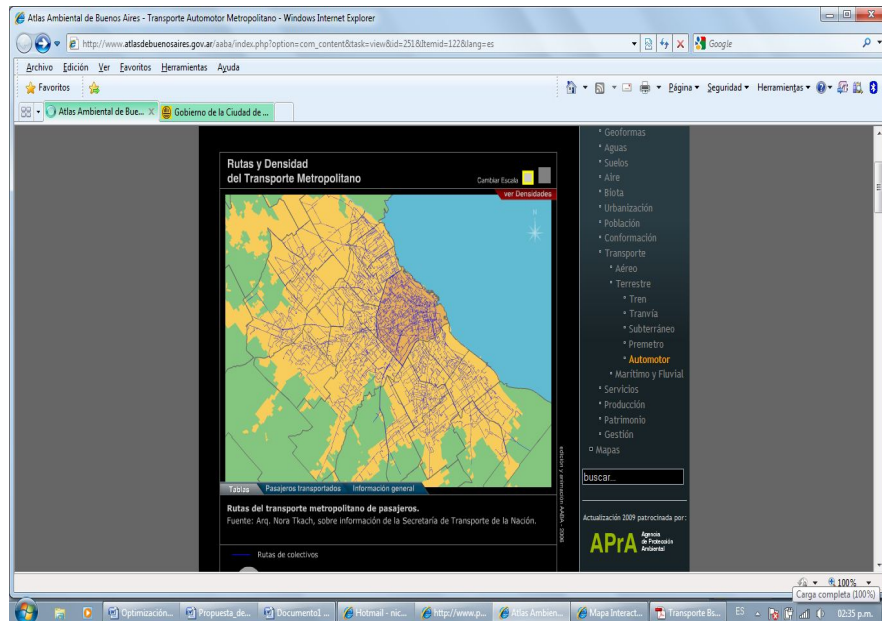


Figura 7. Rutas de transporte metropolitano en colectivos en el AMBA. Fuente: Secretaría de transporte.



Figura 8. Densidad de transporte metropolitano en colectivos en el AMBA. Fuente: secretaria de planeamiento urbano

A continuación se presentan algunos indicadores relevantes del transporte automotor de pasajeros en el AMBA.

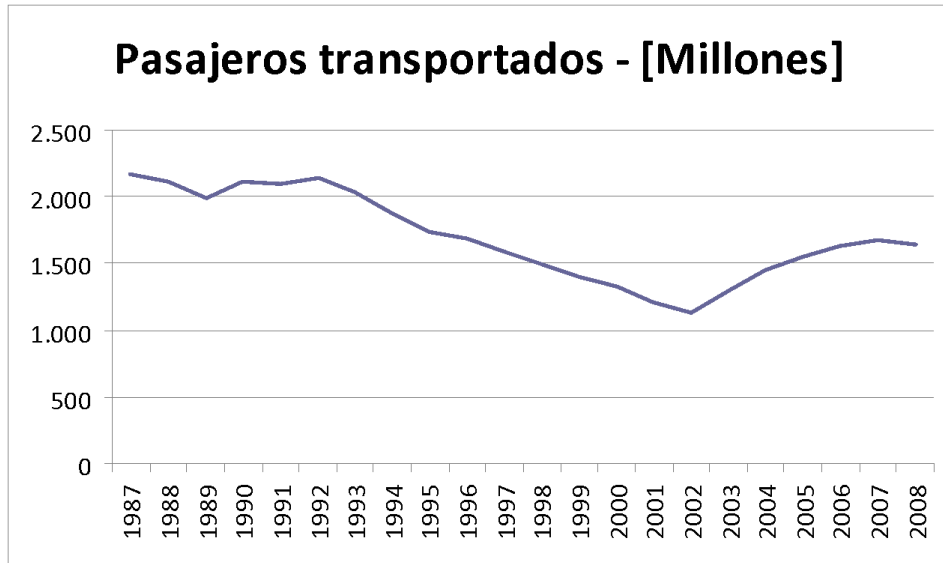


Figura 9. Pasajeros por año de la red de colectivos urbanos.

Pese a que la población de Buenos Aires aumento en casi 2 millones desde 1991 (+17%), se observa que el nivel de utilización del transporte público en colectivos es un 20% menor que hace 2 décadas.

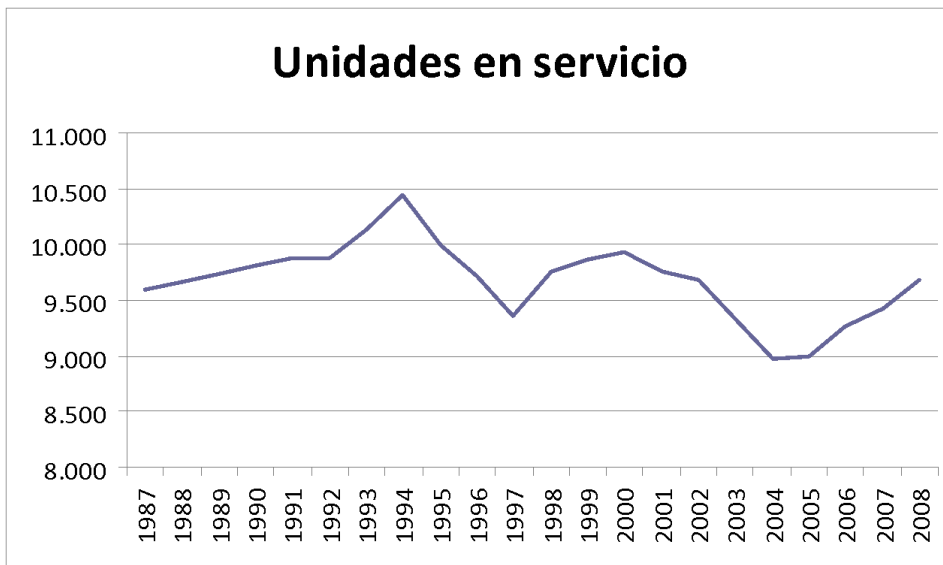


Figura 10. Colectivos en servicio promedio por año

La fuerte des inversión de los últimos años trajo como consecuencia una caída en el número de colectivos en servicio. Aunque a partir del 2006 se intenta revertir esta situación, la situación actual es la misma hace 20 años con alrededor de 9.700 colectivos en la calle.

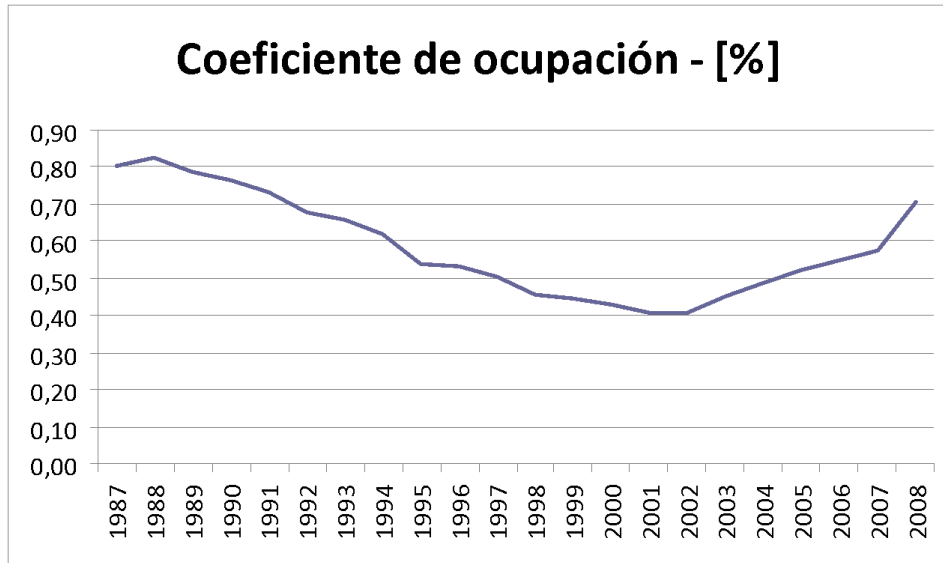


Figura 11. Coeficiente de ocupación promedio de los colectivos.

Desde la crisis del 2001 se aumenta sostenidamente el coeficiente de ocupación de los colectivos. No obstante este aumento no se debe a progresos ni mejoras en el sistema sino principalmente a menores unidades en servicio.

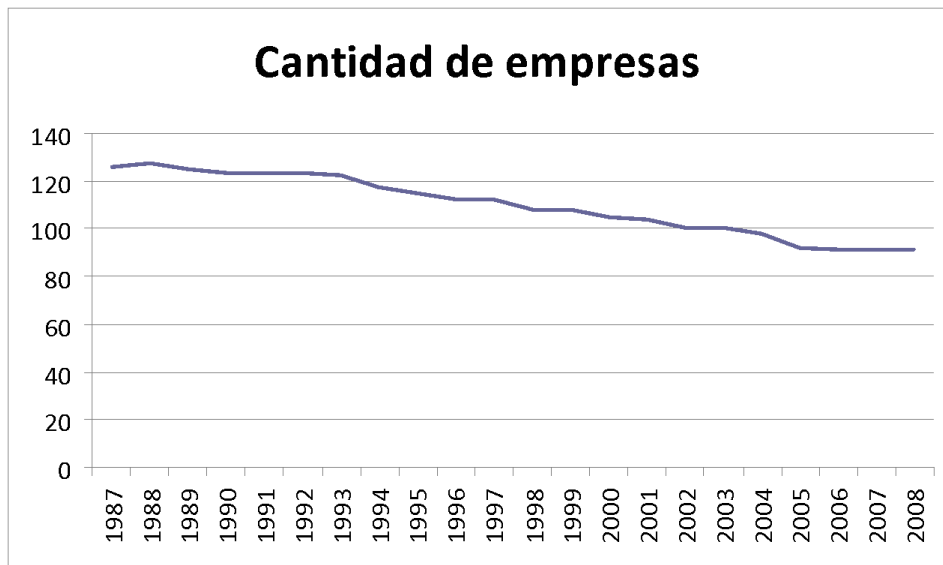


Figura 12. Empresas de colectivos urbanos en Buenos Aires.

Actualmente operan en el AMBA 91 empresas prestadoras de servicio, número más bajo de las últimas décadas.

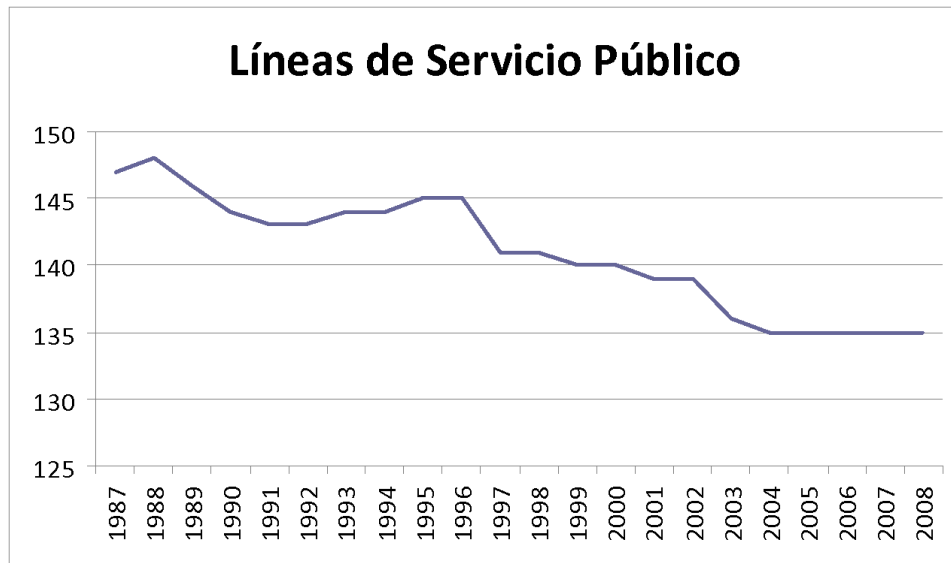


Figura 13. Cantidad de líneas de colectivos que realizan diferentes recorridos.

A su vez la cantidad de líneas de servicio también disminuyó en el último tiempo, sin esto significar algún tipo de especialización de las empresas para mejorar el servicio.

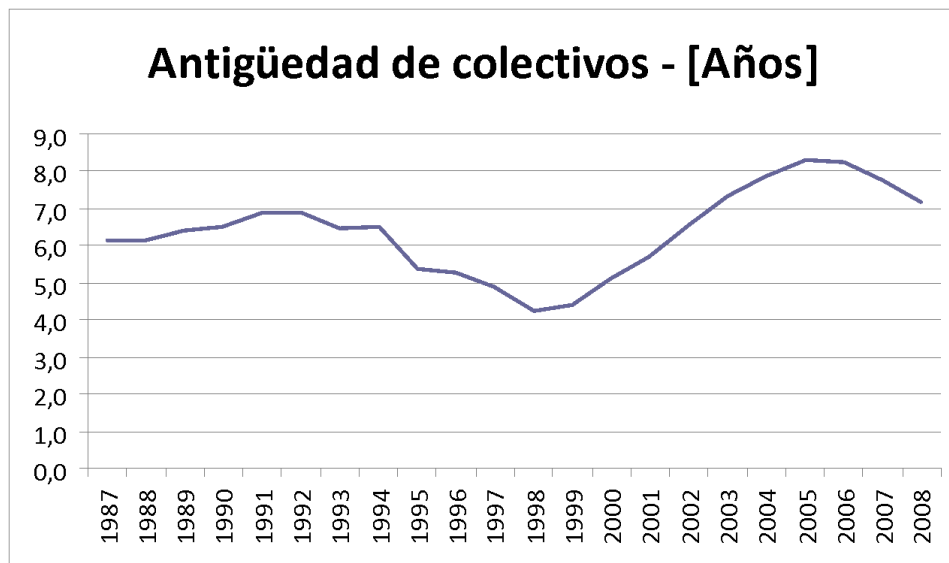


Figura 14. Antigüedad media del parque automotor de colectivos.

La desinversión, ya mencionada, de la última década en el transporte público se verifica al observar la evolución de la antigüedad de los colectivos. Si bien la vida útil máxima permitida de un colectivo es de 10 años, desde el gobierno, a través de la Secretaría de Transportes de la Nación, viene prorrogando la vida útil de los vehículos hasta 13 años.

2.1.2. Red Ferroviaria

Desde 1989 existe una notoria desinversión en las redes ferroviarias a nivel nacional. La ciudad de Buenos Aires no es ajena a este hecho. Entre 2001 y 2003, durante la crisis económica no hubo inversiones para renovar vagones, arreglar vías o hacer otras mejoras en la ya deficiente red metropolitana. En esta época, con una situación económica recesiva, la demanda fue menor y las ineficiencias no se hacían notorias. Pero con un mínimo de reactivación y demanda se pusieron en evidencia las fallas del sistema, agravando las condiciones de movilidad, seguridad personal y siniestralidad, sobre millones de habitantes de la Región Metropolitana que hacen uso del servicio. A continuación se enumeran las líneas que se encuentran actualmente en servicio, y un breve comentario sobre su situación.

- TBA. (Ex Sarmiento y Mitre) cuenta con coches que en algunos casos superan 40 años de antigüedad, en el servicio Once-Moreno la frecuencia es de 7 minutos entre formaciones. Durante el año 2007 comenzó a circular la primera formación que incluía coches doble piso con aire acondicionado, informándose que con una periodicidad de 60 días se sumarían nuevas formaciones. Tal situación no se ha visto concretada tal como había sido explicitada.
- UGOFE (Ex línea Roca) la electrificación de los tramos Claypole-Bosques y Avellaneda-Quilmes está pendiente desde 2005.
- UGOFE (Ex línea San Martín), reestatizada en el año 2004, pasó de 10 a 19 formaciones, quedando en trámite de resolución las obras de electrificación del ramal.

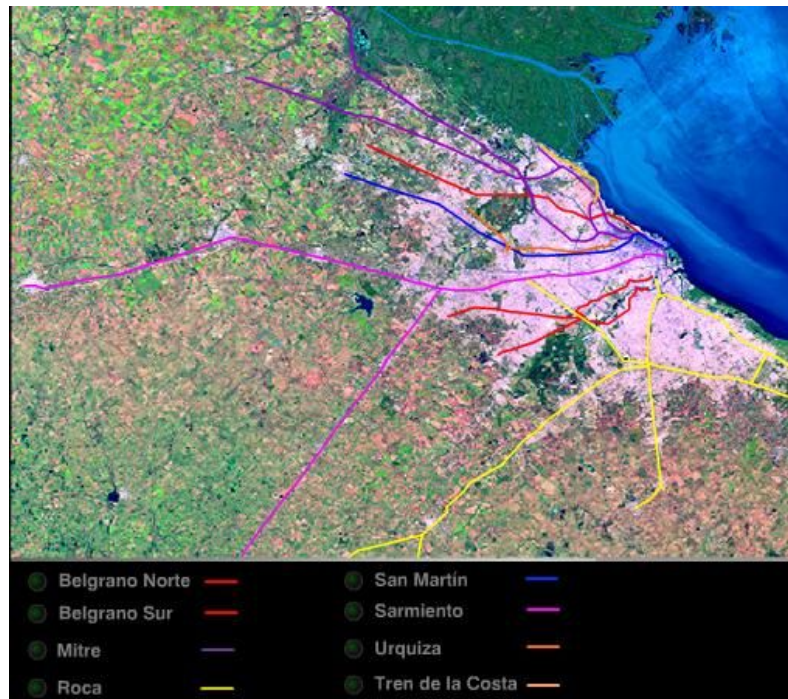


Figura 15. Esquema de la red de trenes metropolitanos. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires

2.1.3. Red de Subterráneos

El subterráneo es otro servicio de transporte público en el que a lo largo de décadas no hubo construcción de nuevas líneas. Recientemente se inauguró en forma parcial, la línea H. También en el último tiempo, se llevaron a cabo las obras de ampliación y puesta en funcionamiento de las líneas B y D, que ampliaron su recorrido pero aún sin alcanzar la frontera de la capital.

Como resultado de la extensión de estos recorridos, la demanda ha aumentado en horas pico. Esta situación impide o agrava la posibilidad de viaje de los pasajeros desde las estaciones preexistentes que muchas veces deben dejar pasar varias formaciones repletas de pasajeros para poder subirse al subte.

En el año 2006 se registraron, según datos de la CNRT, 267.256.800 pasajes pagos en líneas de subterráneo y Premetro, dato que indica la alta demanda de este modo de transporte.

A continuación se muestra un plano con el recorrido actual de los subtes y los proyectos previstos de ampliación de las líneas existentes (ampliación de la línea H y la E):

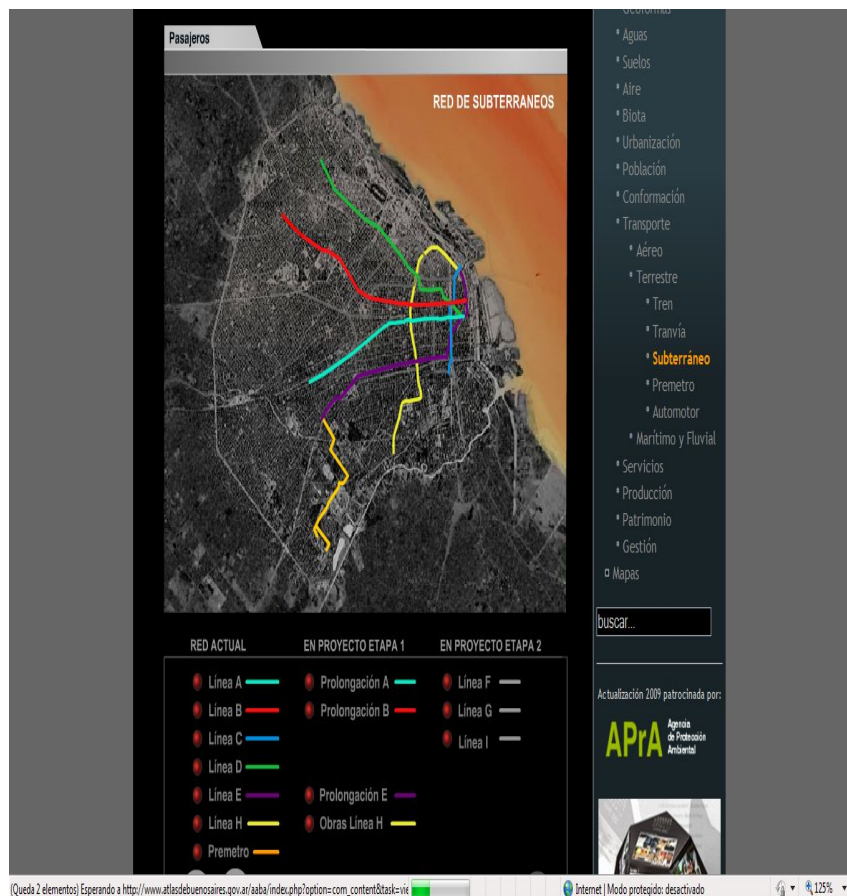


Figura 16. Esquema de la red de subtes de la ciudad de Buenos Aires. Fuente: Atlas Ambiental de Buenos Aires

Actualmente existen 6 líneas de subte en operación más una línea de tranvía (pre-metro). Este sistema de transporte público es propiedad del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y es operado por la empresa METROVIAS S.A. mediante un contrato de concesión firmado con el Gobierno Nacional.

La totalidad del sistema de subtes tiene una longitud de 44,70 Km y cuenta con 74 estaciones habilitadas. El pre-metro cuenta con una extensión total de 7,4 Km, opera desde tres cabeceras y cuenta con 12 paradas intermedias.

2.1.4. Proyectos en curso

Actualmente en la ciudad de Buenos Aires se está implementando el “plan de movilidad sustentable” que consta de acciones bastante innovadoras tomadas por el gobierno de la ciudad para mejorar el presente caótico que presenta el tránsito en Buenos Aires. Entre dichos proyectos se destacan los siguientes:

Bici-sendas

Un proyecto reciente iniciado por la ciudad de Buenos Aires es el Programa Bicicletas de Buenos Aires que tiene como objetivo fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte ecológico, saludable y rápido. Este programa está en línea con las tendencias mundiales. Las grandes capitales del mundo, como París, Nueva York, Barcelona y Bogotá, han adoptado ya a la bicicleta como aliada estratégica para alivianar el problema del tránsito y para promover una Ciudad con prácticas sustentables.

El Programa contempla, en su primera etapa, la construcción de casi 100 kilómetros de una red de ciclovías protegidas e integradas que una los principales centros de transbordo con universidades y edificios públicos.



Figura 17. Red de ciclovías de la ciudad de Buenos Aires. Fuente: gobierno de la ciudad de Buenos Aires.

La red de ciclovías protegidas es un entramado de carriles exclusivos para bicicletas, resguardado del resto del tránsito vehicular por medio de un separador físico, que conecta los principales centros de traspordo de la Ciudad.

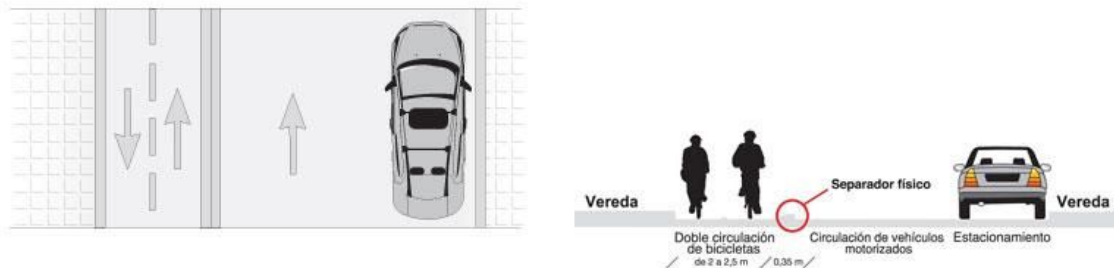


Figura 18. Esquema de funcionamiento de ciclo vías de la ciudad de Buenos Aires. Fuente: gobierno de la ciudad de Buenos Aires.

Además de la construcción de la red de ciclovías, el programa incluye construcción de la infraestructura para el estacionamiento de las bicicletas. A principios del mes de Diciembre del 2010 se puso en marcha un sistema de alquiler de bicicletas para usarse como transporte público.

Para incentivar el uso de este medio alternativo de transporte, se realizan campañas de promoción y educación vial para fomentar el cambio cultural que implica introducir la bicicleta como alternativa real y sustentable de transporte.

Metro-Bus

Siguiendo la tendencia de otras grandes ciudades de Latinoamérica, como Bogotá en Colombia o Curitiba en Brasil, la ciudad de Buenos Aires esta pronta a implementar este innovador sistema de transporte público.

El metro-bus es básicamente una línea de colectivos que conectará, circulando por carriles exclusivos y confinados, los barrios de Liniers con Palermo. El recorrido completo contará con 21 estaciones y se extenderá por toda la Av. Juan B. Justo a lo largo de 12 kilómetros. El sistema toma características del subterráneo como frecuencia pre-establecida y estaciones a nivel del piso del colectivo y será operado por las líneas de colectivo 34 y 176. La compra de unidades estará a cargo de estas líneas.

La inversión para la infraestructura necesaria se estima de \$48 millones. Vale destacar que la tarifa será la misma que actualmente se encuentra en vigencia.

Según estima el Ministerio de Desarrollo Urbano porteño, el tiempo de viaje entre cada extremo del recorrido se reducirá 40% y se inducirá a un incremento de la demanda de viajes en ese recorrido del 20%. Las estaciones serán construidas a nuevo y contarán con acceso para silla de ruedas, cochecitos de bebé y personas con movilidad reducida. También apunta que “el costo de construcción será 20 veces inferior respecto al mismo trazado que podría tener un subterráneo”.

Buses ecológicos

Los eco-buses son colectivos híbridos que, por su combinación de motor diesel y eléctrico, contribuyen al ahorro energético y a paliar los problemas medioambientales ya que permiten reducir las emisiones de gases contaminantes y los niveles de ruido. El eco-bus tiene el mismo tamaño y capacidad para pasajeros que un colectivo común.

Otras ciudades del mundo como Nueva York, Tokio y Madrid ya han probado satisfactoriamente su desempeño. La única ciudad de la región que en este momento cuenta con un Ecobus es San Pablo.

El ómnibus híbrido eléctrico funciona con un motor diesel de alto rendimiento, menor potencia y que produce un mínimo nivel de contaminación. Este motor acciona un generador de electricidad para impulsar el vehículo a través de otro motor (en este caso eléctrico) y paralelamente cargar un banco de baterías.

El banco de baterías es cargado por el generador en los instantes en que el vehículo requiere menor potencia (cuando está parado o circulando a velocidad constante). También se recarga a través de la recuperación de la energía de frenado realizada por el

motor eléctrico de tracción, que en ese caso actúa como generador eléctrico. La potencia pico necesaria para la aceleración del vehículo se obtiene del banco de baterías

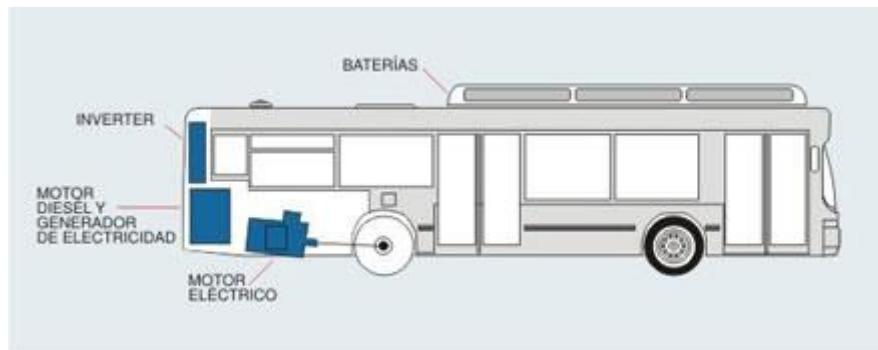


Figura 19. Esquema del Eco-bus. Fuente: gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

El primer colectivo híbrido circula de manera regular a partir de Octubre del 2010. Como primera etapa de este proceso de recambio tecnológico se definió incorporar la primera unidad de este tipo en la Línea 62, con el mismo costo de boleto para el pasajero. Paralelamente se puso en marcha el proceso de fabricación en serie y se espera incorporar nuevas unidades al transporte público de pasajeros de la Ciudad para el año 2011

Vías Preferenciales para colectivos

El programa de vías preferenciales consta de implementar carriles exclusivos para el tránsito de colectivos, cuyo objetivo principal es trasladar los colectivos hacia las avenidas y los autos particulares a las calles laterales, priorizando así el transporte público y ordenando el tránsito.

Los nuevos recorridos de los colectivos sobre las avenidas alivian la circulación por las calles angostas y agilizan el traslado en el transporte público. Con los colectivos circulando por las avenidas y no en las calles aledañas, disminuye el riesgo de accidentes. Con menos colectivos circulando por las calles en la zona, hay menos contaminación sonora. A su vez, al no tener que frenar y acelerar constantemente, los colectivos que circulan por las avenidas producen menos humo, mejorando la calidad del aire.

2.2. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Luego de explicitar las externalidades del automóvil que evidencian la necesidad de un cambio en el sistema de transporte de la ciudad se realizó un repaso del estado del transporte público en la ciudad de Buenos Aires. La primera conclusión a la que se llega es que en los últimos años no ha habido grandes cambios, ni inversión en infraestructura, más allá de algún proyecto aislado o algunos pocos kilómetros de subte construidos.

La segunda conclusión es que el modo predominante más elegido por los porteños es el colectivo. Esto se refleja en las estadísticas al ser el transporte más utilizado. El hecho de abarcar mayor superficie que los otros medios que transitan sobre vías, lo convierte en la primera alternativa para trasladarse desde cualquier punto de la ciudad hasta otro. Se podría decir entonces que el colectivo es el medio de transporte público “*Top of Mind*” de los ciudadanos de Buenos Aires.



Figura 20. Típico colectivo porteño y símbolo importante de la cultura de la ciudad.

Esta condición de preferido está íntimamente relacionada con la gran expansión de este medio de transporte en la ciudad, consecuencia de las características propias del transporte automotor. Una de ellas es la flexibilidad de transitar por cualquier calle uniendo toda clase de destinos. Otra es la relativamente baja inversión y costos operativos necesarios respecto a otras alternativas como el tren o el subte.

Por estas razones, en este trabajo se analizará la forma de mejorar el transporte público de colectivos dejando de lado las demás alternativas como el tren o el subte. Si bien el transporte de pasajeros funciona como un sistema, se hace necesario acotar el universo en estudio debido a su complejidad y buscar las pocas variables principales que generen el mayor impacto, mejorando la calidad de vida de los habitantes de Buenos Aires.

3. CASOS DE ESTUDIO

3.1. CASO TESTIGO: MADRID

Madrid es la capital de España y de la Comunidad de Madrid. Es la ciudad más grande y poblada del país y la tercera ciudad más poblada de Europa (por detrás de Berlín y Londres) y la tercera área metropolitana (por detrás de la de París y Londres).

La comunidad de Madrid tiene una población estimada de 6.400.00 habitantes. La mayoría de la población se concentra en la ciudad de Madrid, con 3.200.000 habitantes, así como en su Corona metropolitana, con 2.600.000 habitantes. Dentro del municipio de Madrid se diferencian 2 zonas: la primera abarca los 7 distritos más céntricos del municipio, se conoce como la Almendra y tiene una alta densidad de población y trabajos. La segunda, la Periferia, está formada por el resto del municipio y concentra una población y cantidad de empleos menor.

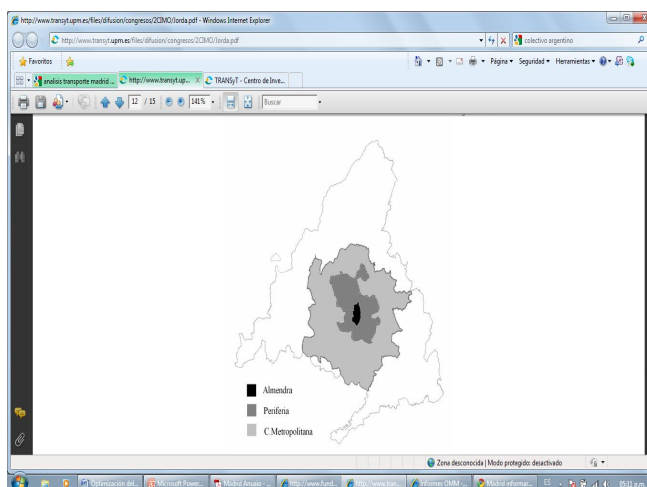


Figura 21. Plano de la comunidad de Madrid

Como suele ocurrir en las grandes ciudades del mundo, los empleos se concentran en las zonas céntricas de las ciudades mientras que los habitantes deben ubicarse en zonas periféricas, como lo muestra la siguiente tabla.

Madrid +Corona Metropolitana	Población	Empleos
Almendra	18%	35%
Periferia	36%	30%
Corona Metropolitana	40%	32%
Resto	6%	3%
Total	100%	100%

Tabla 2. Distribución de la población vs. oferta de empleos. Fuente: EDM 04

La “Fundación Movilidad”, en su último informe emitido (2008), publica que la utilización del transporte público en Madrid es de 46% vs. 25% el automóvil.



Figura 22. Utilización de medios de transporte de Madrid. Fuente: Fundación Movilidad (2008)

La ciudad de Madrid es la ciudad con mayor participación del transporte público de España y una de las primeras en el mundo. Para ello cuenta con uno de los sistemas inteligentes para la optimización del transporte público en colectivo más innovadores y modernos.

Resulta interesante repasar brevemente las últimas décadas de la historia del transporte público en Madrid. A continuación se muestra una evolución destacando los cambios principales desde el punto de vista del tráfico, la infraestructura de cada época, los requerimientos de los clientes y las tecnologías aplicadas al transporte para poder satisfacer a dichos clientes.

Evolución del tráfico en Madrid

- *1960- 1980 :*

Volumen de vehículos escaso

Transporte público se mueve con facilidad pero con medios deficientes

- *1980-1990:*

Aparece la congestión

Se crean los carriles bus

- *1990-2000*

Congestión generalizada, se consolidan y amplían los carriles-bus

Se imponen limitaciones al aparcamiento

- *2000-2010*

Prioridad al transporte público

Restricciones al transporte privado

Se inicia a cobrar peajes urbanos

Estado de la Infraestructura para el transporte

- 1960- 1980 :

Antigua pero suficiente

- 1980-1990:

Insuficiente

Inversiones significativas en infraestructuras orientadas fundamentalmente al transporte privado.

- 1990-2000

Infraestructuras dirigidas a la coexistencia del transporte público y el privado.

Oferta de infraestructura atrasada respecto a la demanda.

- 2000-2010

Infraestructura aplicada a la potenciación del transporte público.

Requerimiento de los usuarios del transporte

- 1960- 1980 :

Transportarse

- 1980-1990:

Transportarse con comodidad

- 1990-2000

Viajar con calidad en un entorno respetuoso con el Medio ambiente

- 2000-2010

En un mundo interconectado, los clientes demandan mejores formas de movilidad e Información personalizada “on-line”

Sistemas aplicados a la gestión de la empresa

- 1960- 1980 :

Sistemas básicos de Información en diferido

Escasa tecnificación en la gestión de la compañía

- 1980-1990:

Se consolida la informática en la actividad diaria de las compañías

Se introducen las soluciones globales de software para la gestión de las empresas

Sistemas tarifarios integrados

Creación de los Consorcios de Transportes

- 1990-2000

Generalización del uso de la microinformática, que incrementa relevantemente la actividad de los procesos administrativos

Empleo, cada vez mayor, de Sistemas Informáticos de carácter Corporativo

Almacenamiento de Información en grandes ordenadores (Host)

Utilización de la información “a posteriori”

Software propietario, Sistemas cerrados

Se consolidan los Consorcios de Transportes

- *2000-2010*

Utilización intensiva de software empresarial de carácter corporativo

Plataformas tecnológicas de alto rendimiento

Sistemas centralizados de Información “on-line”

Redes globales de comunicaciones fijas y móviles

Ordenadores robustos y de alta capacidad de proceso (granjas de servidores)

Servicios Web

Software libre, Sistemas abiertos

Avances tecnológicos del sistema de transporte

- *1960- 1980 :*

Autobuses robustos

Sistemas de comunicaciones vía radio

Máquinas expendedoras e impresoras de tickets

Canceladoras automáticas de tarjeta multiviaje

- *1980-1990:*

Incorporación al autobús de avances significativo:

Motor trasero

Cajas de cambio automáticas

Aire Acondicionado

Suspensiones neumáticas integrales

Parabrisas laminados

Carrocerías de poliéster

Neumáticos sin cámara y de perfil bajo

- *1990-2000*

Generalización del aire acondicionado de carácter ambiental

Autobuses convencionales de reducidos niveles de emisiones (atmosféricas y sonoras) y vehículos de energías alternativas

Autobuses de piso bajo integral con sistema de arrodillamiento lateral

- *2000-2010*

Equipamientos complejos integrados en redes inteligentes de comunicaciones

Títulos de transporte sin contacto de alta capacidad de almacenamiento, tratamiento y gestión de la información

Sistemas avanzados de gestión de flota y de contaje de pasajeros

Información del servicio personalizada y con carácter instantáneo

Sistemas de video vigilancia

Sistemas de Información Oral

En la última década (2000-2010) se observa un cambio de paradigma en la forma de pensar el transporte público de la sociedad de Madrid. En primer lugar se desarrollan políticas para darle prioridad al transporte público, invirtiendo en infraestructura para este sistema y no para los autos particulares. Simultáneamente cambia la demanda de transporte. Los usuarios ya no buscan solo transportarse, sino que demandan mejores formas de movilidad e Información personalizada “on-line”. Por último las empresas de transporte responden a estas mayores exigencias de los usuarios. Para ello comienzan a utilizar sistemas de gestión y control en tiempo real, mediante la aplicación de tecnologías de telecomunicaciones y posicionamiento satelital.

3.2. TECNOLOGÍAS APLICADAS AL TRANSPORTE PÚBLICO EN MADRID

La Empresa Municipal de transportes de Madrid (EMT) implementó desde el 2000 hasta la actualidad una serie de nuevas tecnologías aplicadas a la gestión de colectivos, en el marco del “Plan estratégico de tecnologías”. Entre ellas se destacan las siguientes.

3.2.1. Sistema de ayuda a la Explotación (SAE) (2000-2004)

Principios de un SAE

El SAE, conocido en todo el mundo como AVL (Automatic Vehicle Location) consiste básicamente, en un sistema que permite la localización de los autobuses en la red desde un “Puesto Central de Explotación”, en el cual se trata la información y se remiten instrucciones a los vehículos para asegurar una adecuada regulación de las líneas, y a los pasajeros, en las paradas, a bordo de los vehículos o mediante internet o algún otro medio de comunicación como por ejemplo el celular, sobre el servicio en tiempo real. En resumen, las funciones que lleva a cabo un SAE son: comunicación entre los vehículos y el Puesto Central, localización de los autobuses, regulación de las líneas, información a los viajeros, prioridad a los autobuses en los semáforos, gestión de correspondencias, control del servicio ofrecido, control de pasajeros, control técnico y tratamiento estadístico de la información para la gestión y planificación del servicio.

Para llevar a cabo estas funciones, estos sistemas constan de una serie de elementos y equipos, que básicamente se pueden agrupar en los siguientes subsistemas: un puesto central, una red de comunicaciones, los equipos situados a bordo de los vehículos y los equipos situados en la calle, en paradas y otros puntos.

La infraestructura informática del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) se localiza tanto en el Puesto Central y en los equipos de los autobuses.

En el Puesto Central se sitúan las máquinas destinadas a la gestión y control centralizado del sistema y al tratamiento estadístico de la información, los puestos para los operadores y los equipos informáticos para la gestión de las comunicaciones, así como las terminales y periféricos necesarios. En cada unidad se coloca un microprocesador que controla todos los periféricos instalados en el autobús y tiene capacidad para el proceso y almacenamiento de datos.

Objetivos del SAE

Con la implementación de este sistema se buscan obtener mejoras tanto para los usuarios como para las empresas.

Los objetivos para el usuario son: mejorar la calidad del servicio ofrecido mediante el cumplimiento de horarios, adaptación de la frecuencia de viajes a la demanda real, reducción en los tiempos de viaje y brindar información en tiempo real sobre el tiempo de espera en las paradas.

Para la empresa prestadora de servicios se busca: mejorar la gestión por parte de la empresa mediante el conocimiento del funcionamiento real del servicio y de los tiempos de trabajo de los conductores, kilometrajes y consumo de los vehículos. Ayudar a la planificación del mantenimiento de la flota. Mejorar la programación y el control del servicio gracias a la ayuda de las estadísticas elaboradas por el SAE. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, en particular por el incremento de la seguridad de los conductores y el conocimiento más preciso de los tiempos reales de recorrido, que permiten garantizar los tiempos de descanso de éstos. Finalmente posibilitar la implantación de una política de prioridad a los transportes públicos, gracias a las prioridades de paso para los autobuses en los semáforos y al conocimiento preciso y completo de las zonas en las que los autobuses se ven más afectados por la circulación.

3.2.2. Proyecto e-Bus (2005-2007)

Plan general para la evolución del sistema de boleto de Madrid a un sistema de boleto basado en tarjetas inteligentes. Además se trata de una actualización y renovación tecnológica del equipamiento embarcado en toda la flota de colectivos.

Esto se logra mediante:

- La creación de una red de comunicaciones embarcada

- La instalación de una computadora de abordo de altas prestaciones
- La implementación de un gestor de comunicaciones
- La implementación de un gestor energético

Los objetivos técnicos del proyecto son:

- Integración de todos los sistemas embarcados
- Estandarización de la tecnología
- Conseguir independencia tecnológica

3.2.3. Sistemas de información al Cliente (2005-2007)

¿Para quién?

Este servicio de información tiene una doble utilidad ya que está dirigido a dos clientes diferentes: El cliente Interno, es decir la dirección, los mandos medios, el personal de apoyo en la calle, los choferes y demás empleados de la compañía.

Y el cliente externo como lo son los usuarios directos y potenciales del transporte público.

Información para el cliente interno.

Facilita la organización dentro de la empresa al facilitar:

- Información de la situación e incidencias de las líneas.
 - Grafico de la situación de los vehículos de una línea.
 - Horarios previstos en cabeceras.
 - Incidencias al servicio.
- Información instantánea por SMS de las incidencias relevantes que afectan al servicio como por ejemplo: Incidencias de desvíos, colisiones, viajeros indispuestos, etc.
- Información al empleado por SMS del servicio a realizar en los días siguientes
- Información en la Web de EMT del servicio a realizar e información estadística sobre los servicios prestados en el último mes.

Información para el cliente externo.

Tiene como objetivo el conocimiento del cliente sobre la situación del servicio. Incrementa la confianza de los usuarios en el sistema y les permite una planificación más eficiente de los viajes. Las diferentes formas de comunicación son:

- Información visual dinámica en paneles informativos en determinadas paradas, conteniendo información de los tiempos de espera y volumen de pasajeros.

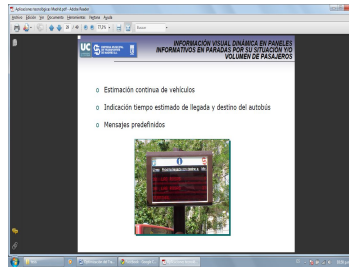


Figura 23. Pantallas de información en paradas de colectivos en Madrid.

- Información en paneles a bordo del autobús, conteniendo información de próxima parada y destino.

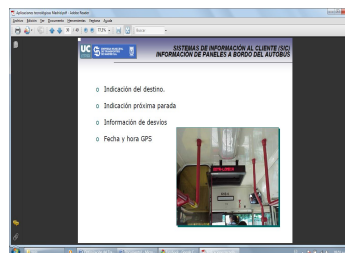


Figura 24. Pantallas de información en el interior de los colectivos en Madrid.

- Información fija en la página Web informando del itinerario de las diferentes líneas y del camino óptimo entre origen y destino.

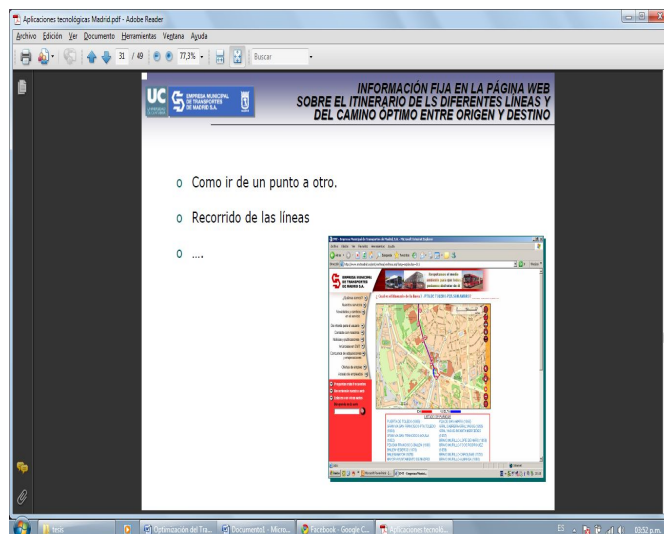


Figura 25. Página de internet con información en tiempo real al usuario.

- Información por SMS y página web de la distancia y tiempo estimado de llegada a la parada.

- Información por SMS de camino e itinerario óptimo.



Figura 26. Mensaje de celular con información en tiempo real para el usuario.

3.2.5. Video Vigilancia (2005-2007)

Esta tecnología se implementó en Diciembre del 2006.

Tiene como objetivo provocar un efecto disuasorio.

No se instalaron cámaras en todos los colectivos sino solo en líneas conflictivas.

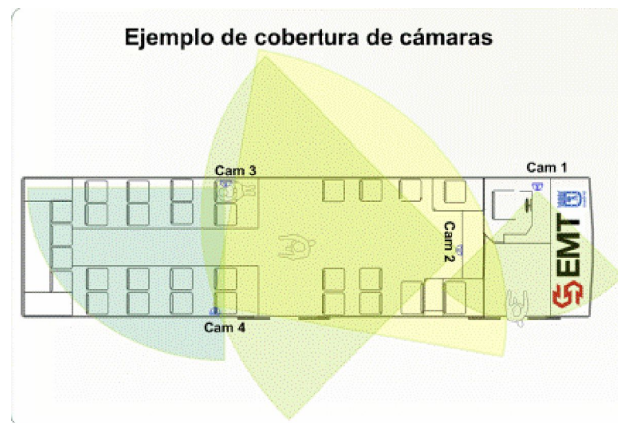


Figura 27. Esquema de ubicación de las cámaras de seguridad a bordo de los colectivos.

3.3. COLECTIVOS: BUENOS AIRES VS MADRID.

3.3.1. Benchmark de indicadores

Como todo sistema complejo, el sistema de transporte tiene indicadores los cuales son una medida de su performance. La importancia de estos indicadores radica en que a través de ellos se puede medir el impacto de las acciones tomadas sobre el sistema.

A continuación se muestra un *bench* entre los indicadores principales del servicio de transporte en colectivos de Buenos Aires vs el de Madrid.

Area Metropolitana		Buenos Aires	Madrid	Δ
Superficie	km ²	3.833	1.935	(50%)
Población	hab	12.701.364	5.285.242	(58%)
Indicadores Oferta				
Cantidad de líneas de Servicio Público	unidades	135	216	60%
Unidades en servicio	unidades	9.688	2.092	(78%)
Antigüedad media del parque	años	7,1	5,7	(20%)
Km. recorridos	millones	734	100,4	(86%)
Km. recorridos por vehículo	km.	75.764	47.992	(37%)
Indicadores Demanda				
Pasajeros transportados	millones	1.636	426	(74%)
Distancia media (estimada)	km.	8,7	5,5	(37%)
Pasajeros por kilómetro (IPK)	pas/km	2,2	4,2	90%
Carga media	pas/coche	19,5	23,5	21%
Pasajeros /vehículo	unidades	168.869	203.633	21%

Tabla 3. Bench de indicadores del transporte público en colectivos de Buenos Aires vs. el de Madrid.

La Región metropolitana de Buenos Aires es del orden del doble en cuanto a superficie y a cantidad de habitantes que el Área metropolitana de Madrid. Por esta razón es lógico que también existan diferencias significativas en las magnitudes del sistema de transporte de colectivos.

La oferta de transporte en Buenos Aires consta de 9.688 unidades en servicio, mientras que en Madrid prestan servicio 2.092 colectivos, un 78% menos. Así también en Buenos Aires el sistema recorre una distancia total de 734 millones de kilómetros, siete veces mayor a los 100 millones de kilómetros recorridos por los buses madrileños. Por otro lado antigüedad media de las unidades es 5,7 años en Madrid, un 20% menor que los 7,1 años de antigüedad de los colectivos porteños.

En cuanto a la demanda del servicio, en Buenos Aires se transportan 1.636 millones de pasajeros por año, mientras que en Madrid se realizan 426 compras de boletos anuales. Se estima que la distancia media de viaje por pasajero también difiere en cada sistema, siendo 8,7 km el viaje medio en Buenos Aires y 5,5 km en Madrid.

Los números muestran que Buenos Aires posee un sistema de transporte más extenso que el de Madrid. No obstante, cuando se realiza un análisis más profundo, se obtienen los siguientes resultados sobre cual sistema es el más eficiente:

En Madrid se transportan casi el doble de pasajeros por kilómetro (IPK).

La carga media de los colectivos es 21% mayor en Madrid que en Buenos Aires.

En Madrid, cada colectivo transporta 21% más de pasajeros vs. los colectivos porteños.

3.3.2. Factor de ocupación

Otro análisis interesante es el de comparar los *factores de ocupación* de los dos sistemas. Esto se debe a que al contrario de otras industrias, donde la producción de bienes puede almacenarse para ser consumida en el futuro las empresas de transporte producen servicios que están disponibles solo en un momento dado del tiempo.

Esta propiedad asociada a cualquier servicio no almacenable hace que resulte fundamental en las actividades del transporte definir que es la producción u oferta, y la utilización de dicha producción por parte de los usuarios o demanda. El concepto que permite relacionar ambas ideas es el coeficiente de ocupación (es el cociente entre la oferta y la demanda, expresado en porcentaje).

Para poder comparar distintos sistemas de transporte (como es este caso, con diferentes trayectos, etc.) es necesario expresar la oferta y la demanda haciendo referencia a la distancia recorrida. En el caso de la demanda la variable a utilizar es *Pasajeros-km* que es la sumatoria entre pasajeros por la distancia que recorre cada uno de ellos.

$$Pasajeros - km = \sum_{n=1}^{\infty} (\text{pasajero} * \text{distancia de viaje})$$

Para simplificar el cálculo, se obtiene como dato la distancia media estimada de viaje por pasajero y se multiplica por la cantidad total de pasajeros el año.

En el caso de la oferta se utiliza la variable *Plazas-km* que es el producto entre las plazas disponibles por colectivo y el total de kilómetros recorridos por año por todas las unidades en servicio.

$$Plazas - km = \text{Asientos por colectivo} * \text{Recorrido total}$$

Con los datos anteriores se calcula el coeficiente de ocupación.

$$\text{Factor de Ocupación} = \frac{\text{Pasajeros} - km}{\text{Plazas} - km}$$

Con los datos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

Area Metropolitana		Buenos Aires	Madrid
Asientos-km ofrecidos	millones	20.188	2.761
Pasajeros - km.	millones	14.282	2.356
Coefficiente de ocupación	dem/oferta	71%	85%

Tabla 4. Bench entre coeficientes de ocupación del sistema de transporte público de colectivos de Buenos Aires vs. el de Madrid.

El coeficiente de ocupación de los colectivos de Madrid es 85% vs 71% en Buenos Aires. Es decir que se tiene menos recursos ociosos y se satisface la demanda de una forma más eficiente.

De este análisis se concluye que la aplicación de tecnologías al sistema de transporte de colectivos de Madrid tiene un impacto positivo ya que permite una mejor utilización de los recursos disponibles (tiene un coeficiente de ocupación de 85% vs 71% de Buenos Aires) y optimiza el sistema capturando más cantidad de pasajeros por colectivo (+20%).

3.4. OTROS CASOS EN EL MUNDO

3.4.1. Barcelona

La empresa TMB (Transporte metropolitano de Barcelona) concluyó la instalación del Sistema de Ayuda a la Explotación (SAE) en su flota en el año 2001. Con esta aplicación tecnológica logró, entre otros, los siguientes objetivos:

- Mejora de la regularidad de paso de los autobuses por las paradas.
- Aumento de la comodidad de los viajeros, al repartirse de forma homogénea la carga de pasajeros entre todos los autobuses de la misma línea.
- Más seguridad, tanto para los pasajeros como para los conductores, gracias que los autobuses tienen una comunicación constante con el mando central.
- Adaptación de medidas correctivas de forma inmediata y con un criterio único, en caso de incidencia.
- Recopilación de un importante volumen de información estadística, para permitir una mejor y más rápida adaptación de la oferta a la demanda.

3.4.2. Portland, Oregon

En respuesta a la cada vez mayor congestión del tránsito y a las demandas de los pasajeros por servicios más eficaces, la empresa Tri-Met invirtió en tecnología para su flota de colectivos. Tri-Met se basó en dos aplicaciones para optimizar el servicio brindado, que se explican a continuación:

- Automatic vehicle location (AVL). Consiste al igual que el SAE en la incorporación de GPS a la unidad y de esta forma poder conocer la posición del colectivo en tiempo real.
- Automatic passenger counters (APCs). Son una serie de sensores ubicados en las puertas de los colectivos que cuentan los pasajeros que suben y que bajan del mismo. Con esta información se puede conocer de forma exacta la cantidad de usuarios que están siendo transportados y donde suben y bajan dichos usuarios. Es decir, cuales son los puntos de mayor demanda.

Los resultados de la aplicación de esta tecnología son los siguientes:

- Los colectivos son un 9% más puntuales
- La variación en los tiempos de viaje se redujo un 18%
- Se redujo en un 3% el tiempo de utilización de las unidades

3.5. SITUACIÓN ACTUAL EN LA ARGENTINA

3.5.1. San Luis

El caso más sobresaliente del país se da en la provincia de San Luis, donde la tecnología que incorpora GPS en los colectivos está funcionando desde el 2009. Con el propósito de contar con información precisa acerca del movimiento de los vehículos de transporte público de San Luis, el Ministerio de Transporte provincial instaló dispositivos de localización vehicular (AVL), en unidades de empresas de transporte de pasajeros.

Para desarrollar este proyecto, el Ministerio precisó la colaboración de la Universidad de La Punta (ULP), que desarrolló el sitio web '*Mi próximo colectivo*', donde se registra la información suministrada por los dispositivos AVL.

A través de la página www.miproximocolectivo.sanluis.gov.ar, el Ministerio cubre un amplio sector y monitorea la frecuencia de las empresas que prestan servicio de

transporte. La herramienta permite realizar un seguimiento de cada unidad, a través de la pantalla, sobre el mapa de la provincia.

El sistema, también, posibilita el registro del exceso de velocidad durante un cierto periodo, el ingreso, egreso y permanencia de un móvil en una zona, entre otros datos que están disponibles sólo para los administradores del sistema y autoridades del Ministerio.

En contrapartida, si bien el sitio fue pensado, en principio, para actividades de control por parte del organismo estatal, también ofrece servicios a la sociedad sanluiseña. Para ello, la ULP desarrolló una aplicación, por medio de la cual, los puntanos pueden consultar en qué empresas pueden viajar hasta determinado lugar, cuál es el recorrido y la ubicación de las paradas.

Actualmente, al ingresar a la página, el usuario dispone de información sobre los recorridos hacia diversas localidades. Al clicar sobre el ícono del colectivo, se puede ver qué móvil es, a qué empresa pertenece, a qué velocidad se desplaza, en qué calles circula, y el tiempo exacto que falta para que llegue a la próxima parada.

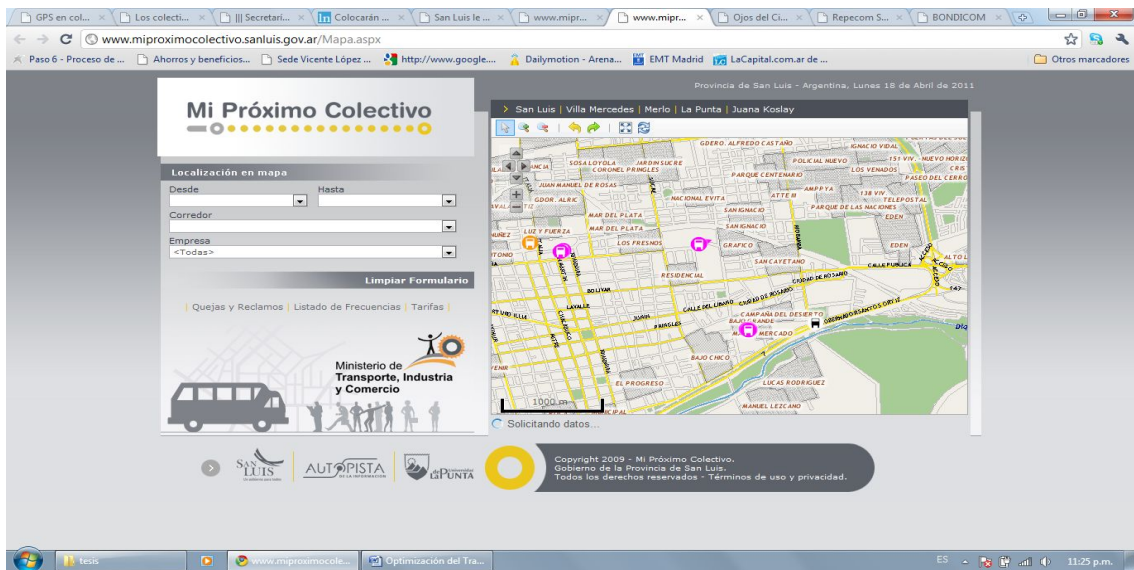


Figura 28. Mapa de la web de transporte de la provincia de San Luis, con información sobre la ubicación de los colectivos en tiempo real.

3.5.2. Buenos Aires

La primera experiencia de este tipo en Buenos Aires data del año 2006, con el inicio del proyecto “Ojos en el cielo”. Se trata de un sistema de gestión y control para el transporte público. Se instaló en las líneas de colectivos 105, a principios de septiembre del 2006, y al año siguiente en la 46, que recorren Capital Federal llegando hasta el

conurbano. Fue una iniciativa de la empresa de telecomunicaciones y seguimiento satelital Repecom.

El sistema fue pensado exclusivamente para los transportes de pasajero, y tiene varios usos: desde controlar el recorrido, los horarios y el estado de los coches, hasta un servicio exclusivo para el usuario, que indica cuánto demora el colectivo en pasar por las distintas paradas de la línea. Se puede acceder a través del sitio *Bondicom* o se puede utilizar desde celulares con conexiones a Internet. El servicio es gratuito. Y es administrable a través de un operador en la Web.

Este sistema funciona a partir del seguimiento satelital y ayuda a monitorear los colectivos, verifica los horarios de la línea instantáneamente y comunica a los choferes con la base a través de un dispositivo con mensajes predeterminados para alertar y recibir ayuda: “máquina averiada”, “llanta delantera”, etc.

Actualmente el sistema no está en funcionamiento. Las razones por las que el proyecto no prosperó fueron las siguientes:

- Nunca se expandió el sistema, de las pocas líneas en las que fue instalado, a las líneas de mayor flujo de pasajeros.
- Falta de flexibilidad para poder consultar tiempos de espera por los usuarios desde teléfonos celulares.
- No hubo una campaña de comunicación eficaz, lo que impidió que los usuarios conocieran el servicio.

En Agosto del 2010, debido a una serie de accidentes de tránsito en la ciudad de Buenos Aires relacionados con los colectivos, se dispuso la colocación de GPS en las 9800 unidades que transitan por la Capital y alrededores. Sin embargo el objetivo de esta medida es controlar a los colectiveros en caso de que excedan la velocidad máxima permitida o si se apartan de su recorrido habitual.

3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Al comparar el transporte público automotor de Madrid con el de Buenos Aires se detectan interesantes áreas de mejora. Entre ellas se destaca la mejor eficiencia de los colectivos en la ciudad europea. Estos transportan aproximadamente 20% más pasajeros por unidad, explotando al máximo los recursos disponibles. A su vez presentan un coeficiente de ocupación 15 puntos porcentuales mayor que los de Buenos Aires. Es decir que en Buenos Aires se puede incrementar el número de pasajeros transportados

por los colectivos sin necesidad de invertir en unidades nuevas. Simplemente es necesaria una mejor gestión del transporte.

Para mejorar el servicio alcanzando los niveles de las ciudades desarrolladas se hace fundamental aplicar las tecnologías disponibles que han demostrado su potencial. De esta forma se obtiene la información necesaria y en tiempo real del sistema tanto para su gestión como para información para los usuarios.

4. PROPUESTA DE MEJORA

4.1 DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA

En el capítulo anterior se presentaron casos en el mundo donde se logró brindar un mejor servicio de transporte público de colectivos mediante la aplicación de diferentes tecnologías. Estas mejoras muestran tener un impacto positivo tanto en la eficiencia del sistema de transporte (por ejemplo: mayor índice de ocupación) como en la percepción de los usuarios sobre el servicio brindado.

En línea con el objetivo de este trabajo, se propone aplicar algunas de las tecnologías mencionadas a los colectivos porteños para convertirlos en una alternativa al transporte en autos. Para ello se deben buscar mejoras en dos campos diferentes.

Por un lado se debe optimizar la gestión del transporte, aprovechando al máximo los recursos disponibles. Para esto deben utilizarse herramientas que disminuyan el tiempo de viaje, que controlen y puedan modificar las frecuencias de los colectivos en tiempo real, en resumen que brinden la información necesaria para garantizar el mejor servicio posible.

Pero no solo la gestión del servicio debe salir beneficiada, sino que también (y quizás más importante) es en los usuarios donde debe estar dirigida mirada. El transporte público ya cuenta con la demanda de las personas que “no les queda otra” que tomarse el colectivo. Es tiempo de transformar al transporte público, mediante nuevas tecnologías e innovación, en una alternativa más atractiva para los usuarios. Para esto debe acortarse la brecha que separa, en cuanto a confort, al transporte privado y al público.

Como respuesta a este problema aparece el concepto de sistemas inteligentes de transporte (SIT).

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

4.2.1 Los sistemas inteligentes de Transporte

Definición de SIT

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) surgen en la década de los años 90 como alternativa sostenible al problema generado por la creciente demanda de movilidad,

especialmente en el ámbito urbano. De esta manera, en lugar de utilizar las estrategias tradicionales que pasan por un incremento de infraestructuras (como construir más autopistas) y la utilización de más vehículos, los SIT suponen un cambio de paradigma buscando la movilidad sostenible. Lo que se busca es incrementar la movilidad sobre la base de mejorar la eficacia y eficiencia del transporte público y proveer seguridad a los usuarios.

Con ese triple objetivo, eficacia, eficiencia y seguridad, emergen los SIT como una combinación de información, comunicaciones y tecnologías del transporte en vehículos e infraestructuras. Una combinación que, en los últimos años, adquiere una enorme trascendencia puesto que las tecnologías de la comunicación permiten ya emitir información móvil en cualquier lugar y en tiempo real.

En la década del 2000, las tecnologías para la comunicación y transmisión de datos hicieron posible la consulta de datos en aparatos móviles, como el teléfono celular o las agendas personales (PAD). Así, a través del teléfono móvil o las PAD que tienen acceso a Internet, el usuario puede acceder a las redes de transmisión de datos desde cualquier lugar. Por ejemplo, a través de Internet los conductores tienen la posibilidad de acceder a los planos digitales de la mayoría de ciudades a través de agendas personales o computadoras de a bordo.

Este nuevo salto cualitativo en la comunicación y transmisión de datos ha sido posible gracias a la tecnología Global System Mobile (GSM) en un principio, y actualmente por la nueva Universal Mobile Telecommunication Service (UTMS). Esta última es una tecnología de tercera generación que funciona con el protocolo Wireless Application Protocol (WAP) que permite la conexión a Internet y mediante la cual la transmisión de datos es 200 veces más rápida que la GMS.

Otra de las tecnologías de la comunicación especialmente relevantes para lograr la eficiencia de los SIT son los Global Position Systems (GPS). Aparece también en la década de los 90 y permiten localizar los vehículos y su movimiento en tiempo real. La transmisión de la información al usuario en tiempo real es fundamental para la toma de decisiones y constituye una de las aplicaciones que convierte los vehículos en "inteligentes".

Características de los SITs

Las aplicaciones de los SITs abarcan un amplísimo espectro. Los SITs son aplicables en todos los procesos de gestión y distribución de mercancías, de transporte de pasajeros en todos los modos de transporte.

En el ámbito del transporte urbano, son aplicaciones propias de SIT las que afectan al transporte en superficie, es decir, las relativas al transporte por carretera y ferrocarril. Estas aplicaciones son: la información de tráfico y viajes, la gestión de transporte público, la gestión de transporte de mercancías, la gestión de tráfico y carreteras, la gestión de la demanda, la gestión de estacionamientos, la asistencia al conductor y la conducción cooperativa.

La información de tráfico y viajes permiten la integración de los modos de transporte en un sólo sistema. Así, una información global al usuario propicia una práctica eficiente de la intermodalidad en los desplazamientos, lo que facilita la movilidad de la población

Por otro lado, la información contribuye a la planificación de los viajes urbanos y a la toma de decisiones respecto de las rutas seleccionadas. Esto es posible gracias al suministro de información, en tiempo real, de la situación de las rutas seleccionadas y sus alternativas.

Los sistemas de guiado automático de vehículos contribuyen a la disminución y prevención de la congestión, que tiene como consecuencia la fluidez del tráfico. Este tipo de sistemas permiten desviar el tráfico por las rutas menos congestionadas y están siendo ampliamente implementados.

Los efectos de los SIT en el territorio

La implementación de los SIT en vehículos e infraestructuras tiene importantes efectos en el territorio y la población. Al optimizar las infraestructuras existentes haciéndolas más eficientes y reducir su congestión, se contribuye a reducir la necesidad de la expansión de las infraestructuras viales. Esto favorece a una mejor calidad de vida e incrementan los niveles de movilidad y seguridad al disminuir los accidentes y las emisiones contaminantes.

- *Optimización de la infraestructura existente*

Los SITs colaboran en la reducción de los retrasos en el tiempo de viaje, a través de la información. La vigilancia avanzada del tráfico, los sistemas de control de señales y los sistemas de ordenación de las arterias permiten reducciones muy significativas en los tiempos de viaje.

Según un estudio de “Transport Geography” en las ciudades norteamericanas se ha comprobado que, el ahorro de tiempo usando un SIT puede incrementarse

hasta el 80%. Los sistemas de ordenación de arterias han reducido los accidentes entre un 24% y un 50% y han canalizado entre un 8% y un 22% más de tráfico. Al mismo tiempo, han incrementado las velocidades entre un 13% y un 48% por encima de las velocidades preexistentes en zonas congestionadas.

Los SIT reducen el grado de incertidumbre, antes y durante el viaje por el conocimiento de la ruta y de los posibles incidentes. En este sentido, hay que señalar que los Sistemas Avanzados de Información al Viajero (Advanced Traveller Information Systems) permiten obtener información de las condiciones de tráfico en tiempo real; proveen de información al viajero y ofrecen sistemas de asignación dinámicas de tráfico y guiado automático en ruta.

El resultado a medio plazo es una reducción efectiva de los costos de operación y posibilita una mayor productividad del sistema de transporte, puesto que los conductores tienen mayores facilidades y mayor seguridad en sus operaciones. Un buen ejemplo lo encontramos en diversos estudios efectuados en EEUU de los que se deriva que la reducción de los costos de operación puede llegar a suponer hasta el 25%. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los costos iniciales de inversión son muy elevados.

- *Incremento de los niveles de seguridad.*

En el objetivo de proveer seguridad, los sistemas de detección, aviso y gestión de incidentes son elementos muy importantes ya que posibilitan el control, detección y respuesta inmediata a los mismos.

Según un estudio de la Comisión Europea, los costos asociados a la seguridad en el transporte se estiman en torno al 2% de PIB. El 99% de estos costos son imputables a los accidentes de carretera, que producen del orden de los 40.000 muertos/año.

- *Contribución a un transporte sostenible*

No solo los vehículos limpios, sino que también una mejor gestión del tráfico contribuyen a disminuir las emisiones que inciden en la polución ambiental a escala local, regional y mundial. Los SIT van contribuir asimismo a reducir la contaminación acústica en el medio urbano y a reducir el consumo de recursos renovables y la generación de residuos.

Los SIT y los Transportes Públicos

Los SIT ofrecen nuevos instrumentos para la ordenación y gestión del transporte público. De esta manera, pueden incidir positivamente en el sector induciendo incrementos de la demanda y determinando la elección modal de la ruta

Los servicios de SIT aplicados al transporte público son:

- Sistemas de localización automática del vehículo.
- Información al usuario en tiempo real
- Prioridad del autobús (regulación de los semáforos).
- Información a bordo en tiempo real.
- Planificación de viajes.
- Respuesta on-line del transporte a la demanda.
- Tiquetaje electrónico.

A continuación se destacan las tecnologías que se proponen aplicar a los colectivos porteños para llevar al transporte público de Buenos Aires a una nueva generación de transporte inteligente.

4.2.2 Sistema de Localización Automática de Vehículos (AVL)

Los Sistemas AVL constituyen un conjunto de elementos de hardware y software que utilizan las técnicas más avanzadas en los campos de la Telecomunicación y la Informática. Son, pues, sistemas de control integral que aplicado a la red de colectivos de transporte público proporcionan los medios necesarios para conocer, regular y gestionar en tiempo real el funcionamiento y los recursos disponibles. Se facilita de esta manera la información necesaria para que los responsables y usuarios de la red puedan tomar sus decisiones a fin de optimizar y mejorar el servicio, tanto a un corto o medio plazo como a un plazo más largo, propio de los procesos de planificación.

Su eficacia explica que sea una de las aplicaciones SIT más extendida en los transportes públicos. Aunque los precedentes se sitúan ya en 1970 en Japón, la implantación de los AVL en Europa, en la forma en que se conciben hoy día estos sistemas, ese produce en los años 90.

Objetivos del sistema AVL

- Incremento de la calidad del servicio mediante una importante mejora de la regularidad y de una mayor adaptación entre las condiciones de la demanda y las posibilidades de la oferta.

- Reducción de los costes de explotación sobre la base de una mejor adecuación de la flota en términos de tamaño y optimización de los servicios.
- Disminución del consumo energético.
- Incremento de la eficiencia en la gestión del tráfico.
- Incrementar la fiabilidad en la toma de decisiones y proveer de mayor flexibilidad y transparencia al sistema.
- Mejorar el control técnico de la flota.
- Disminuir el número de accidentes y proveer de mayor seguridad a los usuarios y conductores.
- Disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente.

Funcionamiento del sistema AVL

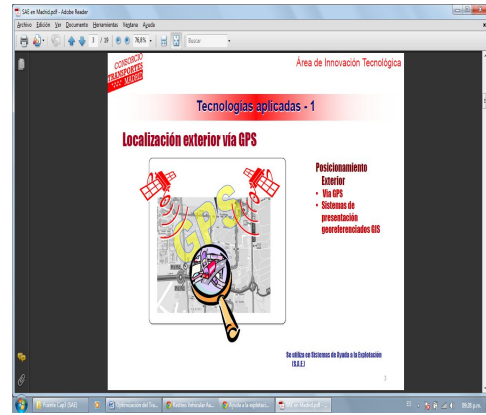
AVL (Localización Automática de Vehículos o *Automatic Vehicle Location* por sus siglas en inglés) es un sistema utilizado para determinar la localización geográfica de un vehículo. Este sistema tiene la capacidad de identificar un punto geográfico, enviando información como las coordenadas y la velocidad del vehículo a un punto central (normalmente un servidor de base de datos) en donde esta información es procesada y relacionada con un sistema de cartografía digitalizada, permitiendo de esta forma visualizar la ubicación geográfica de dicho punto en un mapa.

En la mayoría de los casos, la localización es determinada utilizando un equipo GPS y la transmisión de la información hacia el servidor es realizada utilizando diversas tecnologías de comunicaciones como la satelital, celular o radio, utilizando un modem de transmisión ubicado en el vehículo como parte del dispositivo AVL.

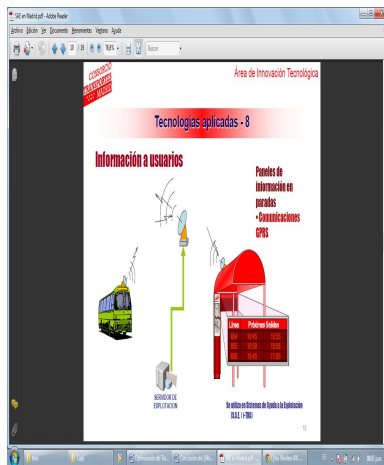
El sistema está basado en cuatro procesos:

- Localización
- Comunicación
- Regulación
- Información.

La localización es la función básica de un sistema AVL. En cada unidad debe instalarse un dispositivo GPS (Global Positioning System) que sirve para determinar en cualquier parte del mundo la posición del colectivo con un error de unos pocos metros. La posición es determinada con la combinación de 2 números, la latitud y la longitud.



La transmisión de datos en sus inicios se realizaba mediante la radio, y posteriormente se utilizó la tecnología celular. Actualmente se utilizan tecnologías celulares diseñadas para la transmisión de datos como por ejemplo GSM/GPRS, CDMA/1xRTT y EDGE entre otras. Se utilizan estos sistemas debido a su gran cobertura especialmente en las ciudades y porque en general el costo de la transmisión de los datos es proporcional a la información transmitida y no al tiempo de conexión.



La información se recopila en un ordenador a bordo que transmite información al ordenador central de la empresa de transporte desde donde se procede a los ajustes en la gestión del sistema si esto fuera necesario. Por ejemplo, podría evitarse que se agruparan vehículos o que éstos se espaciaran demasiado, con los problemas en la demanda de viajeros que ello genera al ir semivacíos o al producirse aglomeraciones innecesarias. Esta mejora del servicio redonda en un mayor atractivo del transporte público, ayudando así en las estrategias de disuasión del uso del automóvil.

Al mismo tiempo, la información obtenida de la posición de los colectivos se pone a disposición de los usuarios, que mediante internet o con el envío de un mensaje de texto pueden consultar el tiempo de espera en una parada particular.

En la **Figura 29** se muestra un esquema del funcionamiento del sistema propuesto.

- (1) Mediante GPS se define la ubicación del vehículo.
- (2) El dispositivo AVL procesa la información y la transmite en tiempo real mediante la red celular al centro de control
- (3). Desde allí se pone a disposición la información tanto para consultas a través de celular (4) como a través de internet (5).

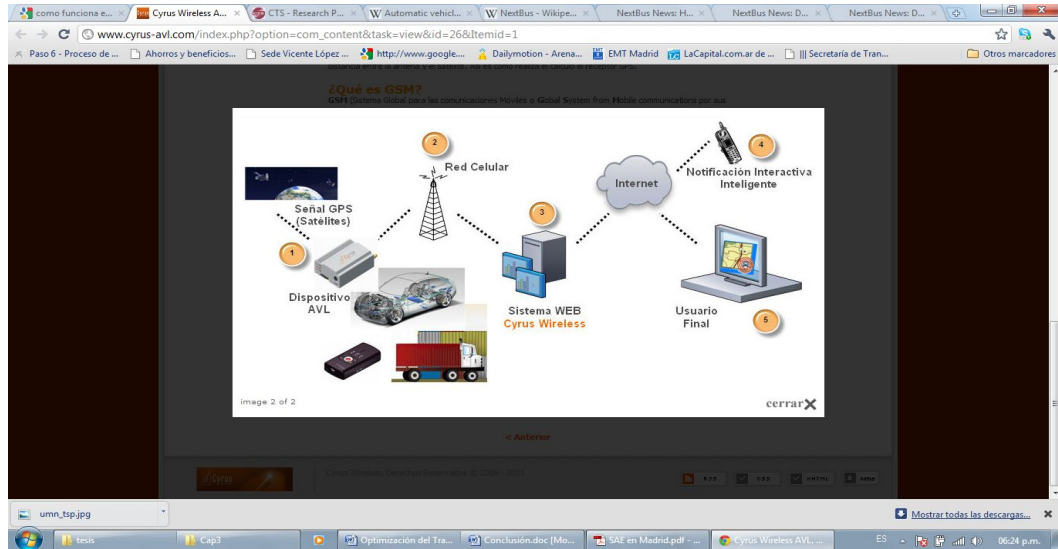
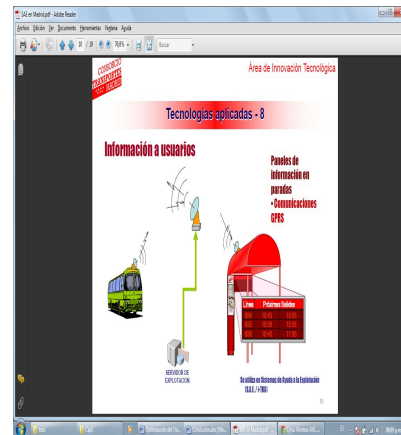


Figura 29. Esquema de funcionamiento del AVL (Localización Automática de Vehículos).

4.2.3 Paneles de Información en paradas

La misma información disponible vía internet o mediante consultas por celular es mostrada en paneles de información en las paradas. En dichos paneles se informa sobre el tiempo de espera para cada una de las líneas que pasan por esa parada permitiendo a los usuarios planificar el viaje de la manera más conveniente con información en tiempo real.

Los paneles se instalarán inicialmente en los puntos de más importancia (Retiro, Once y Constitución).



4.2.4 Prioridad en semáforos

Con el objetivo de convertir al transporte público en una alternativa más atractiva al transporte privado se busca liberar a los colectivos, en la medida que sea posible, de las demoras producidas por la congestión. Para ello se propone implementar un sistema de prioridad en semáforos para que los vehículos de transporte público sufran menos demoras al llegar a las intersecciones controladas por semáforos.

Existen dos tipos de clases de prioridad.

- Prioridad Pasiva
- Prioridad Activa

En el sistema de prioridad pasiva no se detecta la presencia del transporte público, sino que se regula la secuencia de los semáforos teniendo en cuenta las velocidades medias estimadas de los colectivos, y así se les asigna una prioridad mayor que a los automóviles privados.

Por el contrario, en la prioridad activa se detecta la presencia de los autobuses y se actúa sobre los semáforos del cruce al que se dirige. Esta última modalidad es la que se propone para Buenos Aires, ya que al contar con los sistemas de AVL es factible conocer la posición de las unidades generando una coordinación entre el colectivo y el semáforo.

Principios de Prioridad Activa

Se basa en la detección del autobús y la actuación sobre el sistema de regulación semafórica para asegurar el paso en verde de los semáforos que le afectan.



Figura 30. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos.

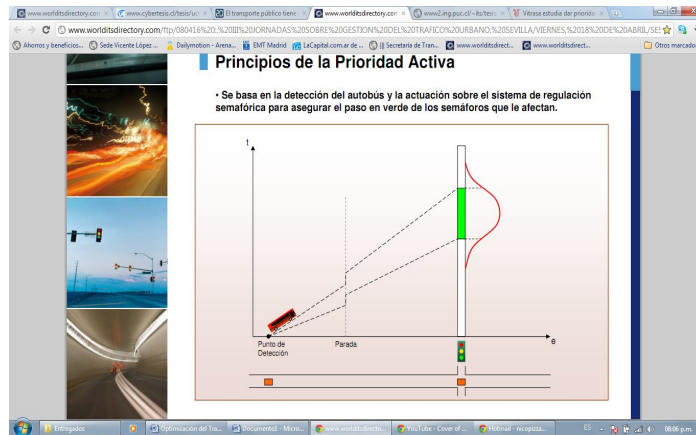


Figura 31. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos.

Para modificar la secuencia de luces del semáforo se pueden utilizar cuatro procedimientos, dependiendo de la situación real y del nivel de prioridad que se desee dar al transporte público.

- Extensión de Verde de la fase prioritaria
- Ejecución de las fases no prioritarias a tiempos mínimos.
- Introducción de una fase especial.
- Eliminación de una fase no prioritaria

A continuación se presentan esquemas simples que explican el funcionamiento de cada uno de los procedimientos.

Extensión de verde:

Si el colectivo es detectado próximo al semáforo cuando este está en verde, se retrasa el cambio de color para dar paso al colectivo. Luego se compensa el tiempo extendido con una menor duración del rojo siguiente.

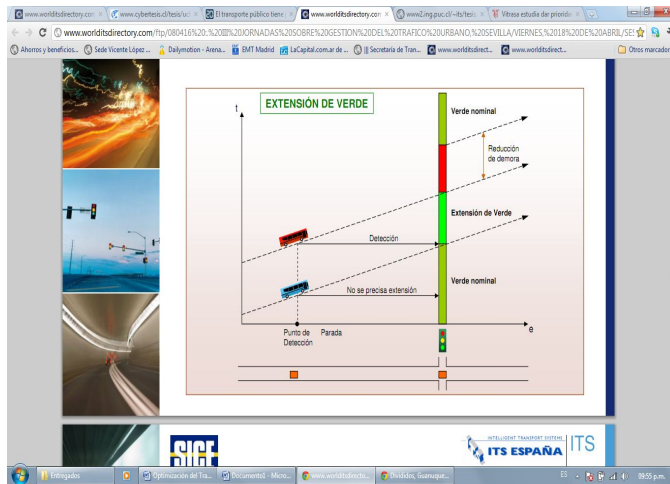


Figura 32. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos. Modo extensión de verde.

Rojo mínimo:

Si el colectivo es detectado próximo al semáforo cuando este está en color rojo. Se realiza un cálculo para comprobar si es suficiente con respetarse el mínimo tiempo previsto para el color rojo y luego volver a la secuencia normal para darle prioridad al colectivo.

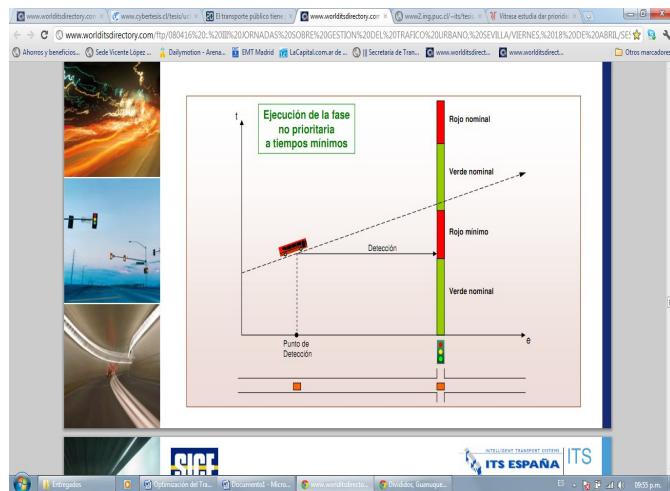


Figura 33. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos. Modo rojo mínimo.

Fase especial:

Se cambia del rojo al verde por un mínimo tiempo, pero el suficiente para darle prioridad al colectivo. Luego se prosigue con la secuencia normal como si no hubiera habido ninguna modificación.

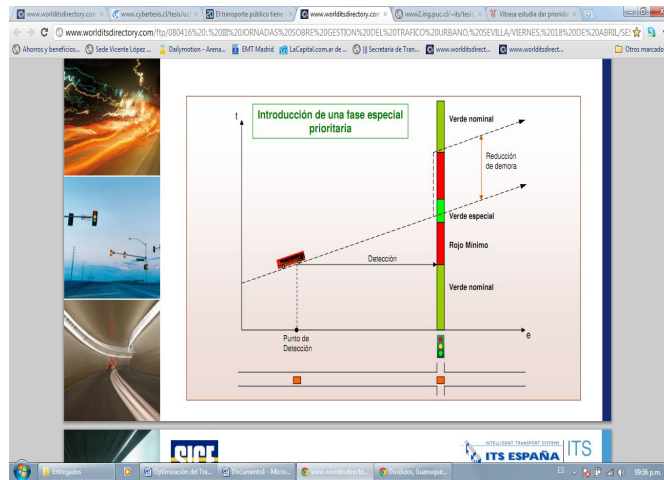


Figura 34. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos. Modo fase especial.

Eliminación de Rojo:

Si respetar el tiempo mínimo de la fase en rojo no permite darle prioridad al bus, directamente se cambia al verde y se elimina la fase roja interrumpida.

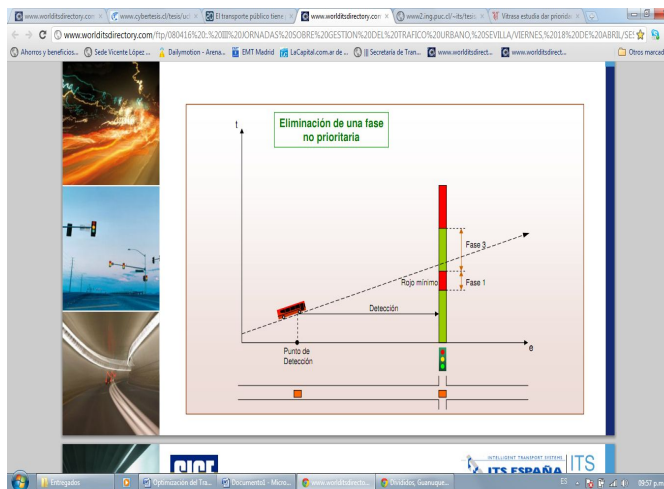


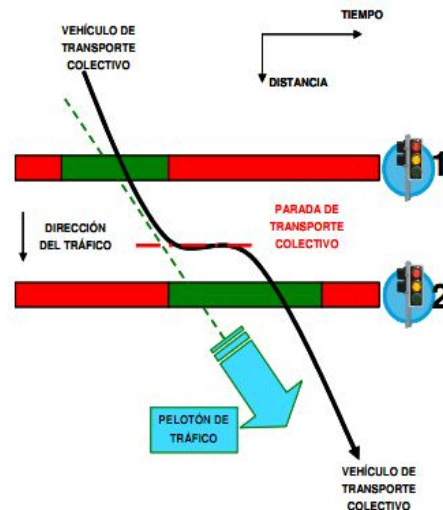
Figura 35. Esquema de funcionamiento del sistema regulador de semáforos. Modo eliminación rojo.

La detección del autobús se realiza mediante AVL que permite que los puntos de detección de autobús sean virtuales sin necesidad de utilizar detectores y balizas. Por otra parte permite optimizar el sistema de forma que se aplique la prioridad a los vehículos de transporte público en función del tipo de línea, de su retraso y del estado del tráfico.

Los elementos esenciales del sistema son el equipo embarcado y el regulador semafórico.

El Sistema de Prioridad bus está basado en el cálculo del posicionamiento geo-referencial del vehículo. El equipo embarcado analiza la información obtenida del GPS y otros parámetros obtenidos en del autobús e identifica posiciones virtuales. Vía radio se comunica con el Regulador semafórico. El regulador semafórico identifica la baliza virtual y desencadena la acción de micro-regulación.

Este sistema tiene la posibilidad de ser deshabilitado cuando se crea conveniente (por ejemplo en horarios nocturnos).



4.3 Evaluación del proyecto

A fines de evaluar económicamente el proyecto, se realiza a continuación un análisis con algunos valores estimados. En un principio se plantea una proyección de los ingresos. Estos surgen de la proyección de la demanda y del precio promedio por pasaje.

La demanda se proyectará estimando el impacto positivo producido por el proyecto, es decir que se tendrá en cuenta un incremento en la demanda. Este incremento es una estimación justificada a partir del estudio de otros casos similares en el mundo.

Una vez estimada la demanda se plantean las inversiones y los gastos operativos que tendrá que absorber el proyecto.

Una vez definido los ingresos y los egresos se procede a la construcción del flujo de fondos a partir del cual se calculan los indicadores más relevantes del proyecto: la TIR, el VAN y el período de repago.

Posteriormente se presenta un análisis de sensibilidad del VAN y la TIR, para ver como responden a diferentes escenarios. En cada escenario se modifica la variable “demanda” para analizar la robustez del proyecto.

4.3.1 *Análisis de la demanda*

Para poder proyectar la demanda de viajes en transporte público de colectivos, es necesario identificar los *drivers* que condicionan el consumo de este servicio. Estos drivers dependen del mercado por lo que es fundamental conocer quiénes son los usuarios del transporte público.

En el 2007, la Secretaría de Transporte realizó un relevamiento sobre el transporte público de la metrópolis de Buenos Aires. Este estudio (llamado INTRUPUBA) abarcó la totalidad de medios de transporte público de la metrópolis Buenos Aires: ferrocarril, subterráneo y colectivos de jurisdicción nacional, provincial y comunal. Los resultados incluyen datos sobre cantidad de viajantes, destinos y motivos del viaje.

A continuación se enuncian los resultados más relevantes a los fines de este trabajo, sobre el transporte público en colectivo.

Esta información es fundamental para entender la naturaleza de la demanda, es decir quienes actualmente son los clientes del sistema. Como resultado del análisis se podrán identificar tanto el mercado cautivo del transporte en colectivo como el mercado a capturar, ofreciéndoles un servicio más acorde a sus necesidades.

Motivo del viaje

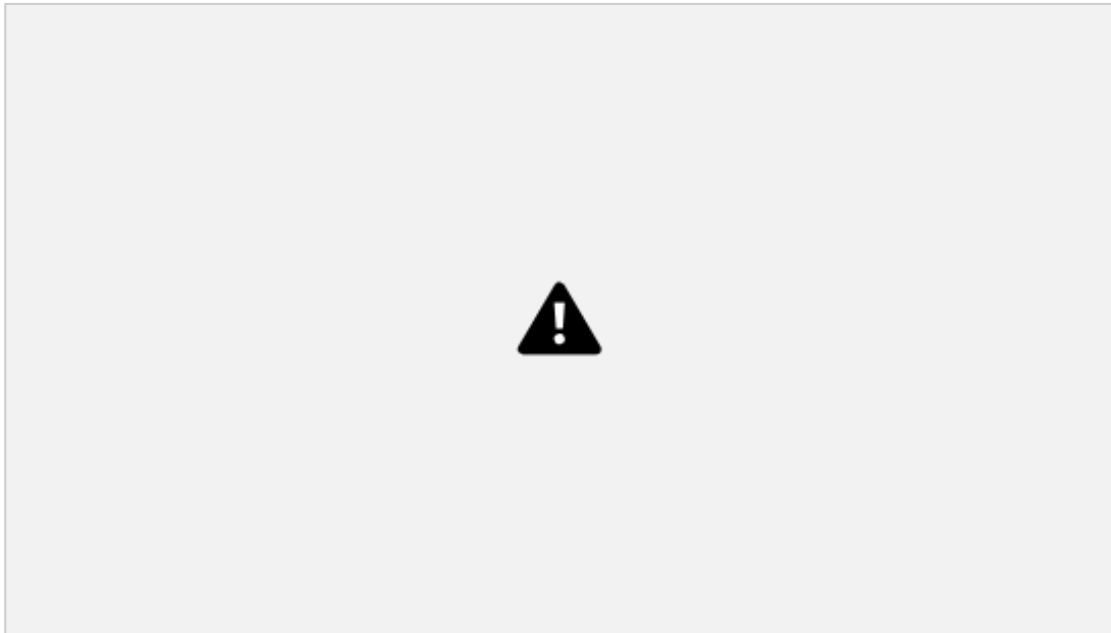
Motivo del viaje	Distribución porcentual de viajes
Trabajo	65%
Estudio	7%
Salud	4%
Compras	5%
Deportes, Recreación y Gastronomía	3%
Amigos, Familia, Social y Culto	6%
Otro	10%

Tabla 5. Análisis de los motivos de viaje en colectivo en Buenos Aires.

La mayor cantidad de viajes en colectivo, como lo muestra la **tabla 5**, se dan por motivos relacionados al trabajo (65%). Le siguen en importancia los viajes por ocio con un 9% de participación (“amigos, familia, social y Culto” 6% y “deportes, recreación y gastronomía” 3%). En tercer lugar y alcanzando el 80% del total de viajes están estudiantes (7%).

Usuarios de colectivo por edad y sexo

Edad	% Hombre	% Mujer	% Total
10 a 14	0%	0%	0%
15 a 19	7%	7%	7%
20 a 24	15%	16%	16%
25 a 29	17%	18%	17%
30 a 34	13%	13%	13%
35 a 39	15%	14%	14%
40 a 44	11%	9%	10%
45 a 49	10%	8%	9%
50 a 54	6%	6%	6%
55 a 59	3%	4%	4%
60 a 64	2%	3%	2%
65 a 69	1%	2%	1%
70 a 74	0%	1%	1%
75 y más	0%	0%	0%

Tabla 6. Usuarios de colectivos en Buenos Aires, por edad y sexo.**Figura 36.** Usuarios de colectivos en Buenos Aires, por edad y sexo.

En cuanto a la edad de los clientes, no existe diferencia significativa entre los hombres y las mujeres. Para ambos sexos, el 60% de los clientes tienen entre 20 y 40 años. Y si se tiene en cuenta la franja comprendida entre los 20 y 50 años, se contabiliza al 80% de los usuarios del transporte público en colectivo.

Usuarios de colectivo según Índice de Nivel Socioeconómico (INSE)

INSE	Porcentaje
1 Bajo Inferior	1%
2 Bajo Medio	8%
3 Bajo Superior	20%
4 Medio Inferior	43%
5 Medio Típico	21%
6 Medio Superior	6%
7 Alto	2%

Tabla 6. Usuarios de colectivos en Buenos Aires, por nivel socioeconómico.

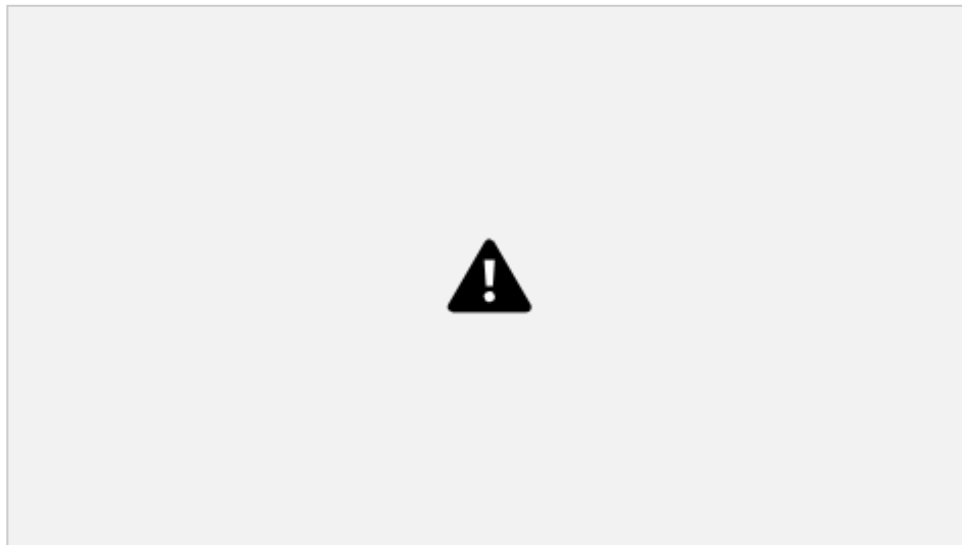


Figura 37. Usuarios de colectivos en Buenos Aires, por nivel socioeconómico.

Por último se obtuvieron valores del nivel socioeconómico de los pasajeros. Los datos muestran que el 80% de los pasajeros son de los niveles: bajo superior, medio inferior y medio típico.

Variables explicativas de la demanda

Del análisis anterior se puede realizar un análisis preliminar sobre cómo se debiera comportar el mercado frente al movimiento de diferentes variables. Una vez identificadas las variables explicativas, estas servirán para proyectar de manera estimada la evolución de la demanda.

La personificación del usuario o “marketing persona” actual de los colectivos en Buenos Aires es entonces la de un hombre o mujer de nivel socioeconómico bajo superior a medio típico, que tiene entre 20 y 40 años y principalmente usa el transporte público para ir y volver del trabajo.

Cabe destacar que con la implementación de las nuevas tecnologías en los colectivos se busca un cambio en el comportamiento del mercado. Es decir que se produzca un cambio de paradigma con respecto al transporte público para que los usuarios se vuelquen hacia su uso en lugar del auto particular. Es por esto que utilizar datos del pasado para proyectar el futuro puede ser cuestionable. Aun así resulta de interés el análisis para entender el comportamiento del mercado y para la proyección se utilizaran variables elegidas con criterio para no caer en los errores recién mencionados.

Las variables elegidas para explicar el comportamiento de la demanda son:

- La tasa de Desempleo
- La tasa de Actividad
- El precio del petróleo (WTI)
- La población
- El PBI per cápita a precios constantes del año 1993.

Al ser el trabajo la causa número uno para la utilización de colectivos, la tasa de desempleo es un indicador que debiera estar íntimamente relacionado con la demanda del servicio de transporte.

La tasa de actividad es el cociente entre la población activa y la población total. Y al igual que la tasa de desempleo, su impacto sobre la cantidad de usuarios del transporte debiera ser importante.

El precio del petróleo (en este caso, el índice WTI) impacta en el precio de los combustibles haciendo más conveniente el uso de transporte público, por lo que la relación con este indicador debiera ser directa.

En primera instancia pareciera que a mayor población hay más usuarios disponibles a tomarse el colectivo. Esta hipótesis será confirmada o rechazada en el análisis.

El PBI se incluye como variable en este análisis por ser la medida por excelencia del crecimiento de la economía. Si bien este indicador presenta la desventaja de estar ligado al concepto de uso del transporte público cuando no hay otra opción. Por ejemplo: sube

el PBI, y eso conlleva un progreso en la economía con impacto positivo en la sociedad, habría personas en condiciones de comprarse un auto, cuando antes no lo estaban. Esto incrementaría el parque automotor reduciendo la demanda de transporte público. Por el contrario, al mejorar el servicio de los colectivos cambiaría el paradigma así como el comportamiento del usuario no cumpliéndose en el futuro con esta norma.

A continuación se muestran los resultados de la regresión realizada con las variables anteriores y los pasajeros transportados en colectivo.

Modelo 1

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,98
Coefficiente de determinación R ²	0,97
R ² ajustado	0,95
Error típico	51,24
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Sum cuad.</i>	<i>Prom cuad.</i>	<i>F</i>	<i>Valor crít. F</i>
Regresión	5	843991	168798	64	0
Residuos	10	26258	2626		
Total	15	870248			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Prob.</i>	<i>Inf. 95%</i>	<i>Sup. 95%</i>
Intercepción	6605,033	635,6	10,4	0,00	5188,9	8021,1
X1 PBI per capita	-0,006	0,0	-0,2	0,86	-0,1	0,1
X2 Desempleo	-25,869	7,1	-3,7	0,00	-41,6	-10,1
X3 Población	0,000	0,0	-11,1	0,00	0,0	0,0
X4 Tasa de actividad	80,666	16,8	4,8	0,00	43,1	118,2
X5 Precio del petróleo	7,751	1,6	4,9	0,00	4,2	11,3

Se observa del análisis que el modelo a primera vista es bueno, con un coeficiente de determinación ajustado de 95%. Sin embargo la observación en detalle de cómo juegan las variables en el modelo revela algunas deficiencias. El PBI per cápita presenta un coeficiente con signo negativo. Esto significa que al subir el PBI, bajará la demanda de transporte público. Por otro lado, la probabilidad de que dicho coeficiente sea cero es elevada (mayor al 0,5%) por lo que es altamente probable que la variable no impacte en absoluto en el modelo. Por esta razón se eliminará la variable X1 del análisis.

Por otro lado, la variable X3, la población, presenta un coeficiente negativo, significando que a mayor población menor cantidad de usuarios del transporte público. Como este comportamiento es anti intuitivo también se deberá eliminar la variable del análisis, ya que aunque el modelo de cómo válido el coeficiente siempre se debe anteponer la lógica del mercado a la matemática.

Las demás variables impactan de forma lógica en el modelo: al subir el desempleo se reducen los viajes en colectivo. Cuando aumenta la población activa respecto a la total, aumenta la demanda del transporte. Y al subir el precio de los combustibles, los usuarios optan por utilizar el servicio público en lugar del auto particular.

La regresión del nuevo modelo, eliminando la variable PBI y la población arrojó el siguiente resultado:

Modelo 2

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,77
Coefficiente de determinación R ²	0,59
R ² ajustado	0,48
Error típico	173,20
Observaciones	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Sum cuad.</i>	<i>Prom cuad.</i>	<i>F</i>	<i>Valor crít. F</i>
Regresión	3	510274	170091	5,6701	0,01
Residuos	12	359974	29998		
Total	15	870248			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Prob.</i>	<i>Inf. 95%</i>	<i>Sup. 95%</i>
Intercepción	4119,7	1658,98	2,48	0,03	505,08	7734,30
X1 Desempleo	-60,7	16,81	-3,61	0,00	-97,28	-24,03
X2 Precio Petróleo	-2,4	3,88	-0,62	0,55	-10,85	6,07
X3 Actividad	-38,1	41,55	-0,92	0,38	-128,65	52,40

Este modelo No cumple con el primer requerimiento necesarios para explicar de manera razonable el comportamiento de la demanda debido a que el coeficiente de correlación ajustado es menor a 60% (mínimo necesario para variables económicas).

Del análisis anterior se concluye que la complejidad del comportamiento de la demanda de transporte requiere el análisis de un gran número de variables (como por ejemplo la disponibilidad de otros medios de transporte alternativos) o de variables arbitrarias como las restricciones en el precio del boleto impuestas por el estado.

Es por esto que se recurrirá a la simplificación de atar la demanda al crecimiento de la población en el área metropolitana de Buenos Aires.

La variación proyectada de la población para los próximos 10 años es la siguiente:

Año	Crecimiento de población
2.012	0,93%
2.013	0,92%
2.014	0,90%
2.015	0,88%
2.016	0,88%
2.017	0,88%
2.018	0,88%
2.019	0,88%
2.020	0,88%
2.021	0,88%

Tabla 7. Proyección del crecimiento porcentual de la población en Buenos Aires. Fuente: INDEC

Por último hace falta estimar el impacto positivo que tendrá la implementación de nuevas tecnologías al transporte público.

En el capítulo anterior se calculó que en Madrid (caso de referencia de este trabajo) se logró alcanzar un 20% más de pasajeros por colectivo que en Buenos Aires. Si bien este incremento refiere a la capacidad de transporte y no a un incremento en la demanda, es una medida de hasta cuanto se puede optimizar el sistema sin inversión en aumentar la cantidad de vehículos. Es decir que sin incrementar el número de colectivos es posible, gracias a los sistemas propuestos, incrementar la oferta en un 20%. En una primera aproximación, se utilizara dicho 20% como el incremento de la demanda.

Con el modelo elegido, la proyección de la demanda para los próximos 10 años sería la siguiente.

Año	Demanda Proyectada [Millones de pasajeros]		
	Sin Proyecto	Con Proyecto	Marginal del proyecto
2.012	1.699	1.784	85
2.013	1.715	1.981	266
2.014	1.730	2.088	358
2.015	1.745	2.107	361
2.016	1.761	2.125	364
2.017	1.776	2.144	368
2.018	1.792	2.162	371
2.019	1.807	2.181	374
2.020	1.823	2.201	377
2.021	1.839	2.220	381

Tabla 8. Proyección de la demanda marginal del transporte público en colectivos.

4.3.2 Precio

El precio promedio del boleto de colectivo en el Área Metropolitana de Buenos Aires es de \$1,40. Dado que este valor es regulado por el estado mediante subsidios no puede realizarse una proyección según drivers lógicos. Por esta razón se mantendrá constante durante todo el proyecto.

4.3.3 Ingresos (PxQ)

Con los datos anteriores se puede calcular los ingresos anuales proyectados para los 10 años de proyecto.

Año	Ingresos
	[Millones \$]
2.012	119
2.013	372
2.014	501
2.015	506
2.016	510
2.017	515
2.018	519
2.019	524
2.020	528
2.021	533

Tabla 9. Proyección de los ingresos del proyecto (PxQ).

4.3.4 Inversiones

Los dispositivos necesarios para la implementación de los sistemas propuestos se pueden dividir en 3 grupos.

- *Equipos embarcados en el colectivo, los cuales cumplen dos funciones fundamentales:*

La primer función es la de determinar los parámetros propios bus, es decir su ubicación mediante las coordenadas de latitud y longitud y su velocidad. Para ello se utiliza un equipo GPS. También a bordo del colectivo, un CPU procesa dicha información para calcular los tiempos de arribo a los diferentes lugares desde donde pueden provenir las consultas. De esta forma se obtienen los paquetes de información listos para ser enviados.

La segunda función consta en transmitir esa información en tiempo real para que sea de utilidad a los demás entes del sistema.

Todas estas funciones las realizan equipos integrados denominados Dispositivos AVL, cuya instalación es necesaria en las más de 9.600 unidades en servicio que transitan Capital y el Gran Buenos Aires.

- *Dispositivos de control de semáforos o regulador semafórico.*

Cada semáforo debe tener una antena receptora para realizar la consulta con el colectivo y un procesador que mediante un protocolo de datos establece los criterios más adecuados para asignar la prioridad del bus.

Este proyecto plantea la instalación del sistema de prioridad para colectivos en las avenidas principales del centro de la capital y accesos desde la periferia. Queda abierta la posibilidad a la posterior instalación de más dispositivos para ampliar la red de semáforos con prioridad al transporte público.

El proyecto contemplará la instalación de 379 reguladores semafóricos. Los recorridos elegidos son:

- En el centro porteño, las avenidas en dirección Norte-Sur Alem/Paseo Colón y Pueyrredón/Jujuy que son las avenidas con mayor flujo de colectivos. Con el fin de mejorar la circulación entre los centros de trasbordo de Retiro, Constitución y Once se propone un circuito tipo circunvalación del centro porteño. Para “cerrar el círculo” se aplica también el sistema de regulación semafórico a las avenidas Libertador, en el Norte, y Juan de Garay en el Sur.
- En los accesos al centro, se proponen instalar equipos en las avenidas Santa Fe desde el Norte y Rivadavia desde el Oeste cubriendo el recorrido de ambas avenidas en su totalidad, desde la avenida General Paz. La elección de estas avenidas se debe a que presentan la mayor densidad de colectivos ingresando a la capital. No se contemplan como alternativa la avenida Juan B. Justo dada la reciente instalación del Metro-bus. Este nuevo transporte público optimiza el tiempo de viaje por esa vía.

En la **tabla 10** se muestra el cálculo de cuantos dispositivos de regulación se deben instalar en cada trayecto, dependiendo del número de semáforos que hay hoy en las avenidas.

Avenida	Distancia [km]	Semáforos [#]
Alem/P. Colon	3,4	34
Pueyrredon/Jujuy	4,5	45
Juan de Garay	2	20
Libertador	1	10
Santa Fe/Cabildo	14	140
Rivadavia	13	130
Total		379

Tabla 10. Cantidad de dispositivos de regulación semafórica a instalar.

- *Paneles informativos en paradas principales, mediante los cuales se brinda información rápida y de fácil acceso al usuario.*

Se propone la instalación de paneles informativos en las tres paradas más importantes de la ciudad que a su vez constituyen importantes centros de transbordo de pasajeros de un medio de transporte a otro. Estas paradas son Retiro, Constitución y Plaza Miserere.

En la **figura 38** se muestran los recorridos donde se propone regular los semáforos para darle prioridad al transporte público de colectivos.

El circuito rojo es la circunvalación del centro porteño, que une las estaciones de Retiro, Once y Constitución. Incluye a las avenidas Alem/Paseo Colón, Libertador, Pueyrredón/Jujuy y Juan de Garay.

Los recorridos en azul son los dos accesos a la capital. Desde el Norte el tránsito ingresa por la avenida Santa Fe/Cabildo y desde el Oeste por la avenida Rivadavia.

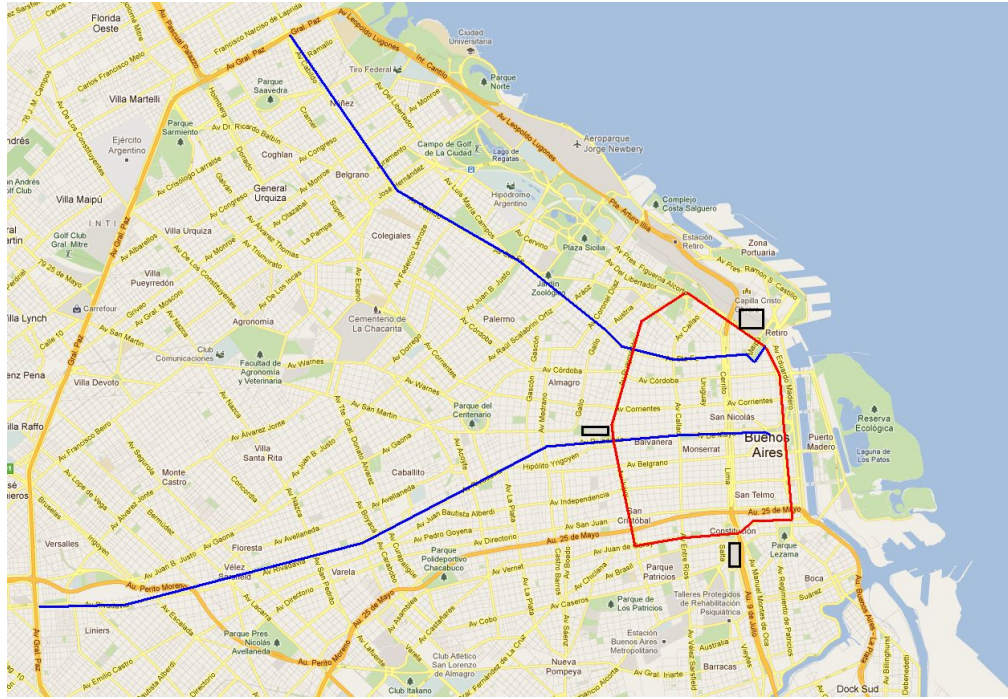


Figura 38. Avenidas donde se propone instalar el sistema de regulación semafórico.

Referencias

- Accesos al centro de Buenos Aires
- Circunvalación al centro de Buenos Aires
- Estaciones de trasbordo de pasajeros Tren/Colectivo

4.3.5 Costos operativos

Dado que resulta inviable la implementación de un sistema de Localización vehicular propia, la mejor alternativa es tercerizar el servicio. En Argentina existen empresas especializadas en este rubro que por un costo mensual se encargan de operar los sistemas necesarios y brindar la información lista a quien la necesite.

Para este análisis se tomo como proveedora del servicio de localización vehicular a la a la empresa “Tesacom”.

4.3.6 Flujo de Fondos

Para la evaluación del proyecto se plantea un flujo de fondos estimado a diez años bajo las siguientes premisas:

- Comienzo de operación: Enero 2012

- Duración del proyecto: 10 años, al ser esta la vida útil legal de los colectivos en la ciudad de Buenos Aires.
- Instalación de sistemas AVL a 9.688 colectivos: \$ 242 Millones.
- Instalación de 379 dispositivos de reguladores de semáforos: \$ 4 Millones.
- Instalación de paneles informativos en principales paradas de colectivos: \$ 1,5 Millones.
- Gastos operativos tercerizados a empresa especializada: \$ 58 millones por año.
- Mantenimiento anual: 15% de la inversión.
- Impuesto a las ganancias: 35%

Bajo estas condiciones iniciales el flujo de fondos del proyecto es el siguiente:

[Millones AR\$]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversiones	(248)										
Ventas		119	372	501	506	510	515	519	524	528	533
Gastos Operativos		(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)	(95)
IG		0	(88)	(133)	(135)	(137)	(138)	(140)	(141)	(143)	(144)
Total	(248)	24	189	273	275	278	281	284	287	290	293

Tabla 11. Flujo de fondos del proyecto.

Se destaca que para el cálculo del Impuesto a las Ganancias (IG) se contempló la amortización de la inversión a 10 años. Al ser este el tiempo de amortización de los colectivos.

En la **figura 39** y **40** se muestran los gráficos del flujo de fondos real y acumulado.

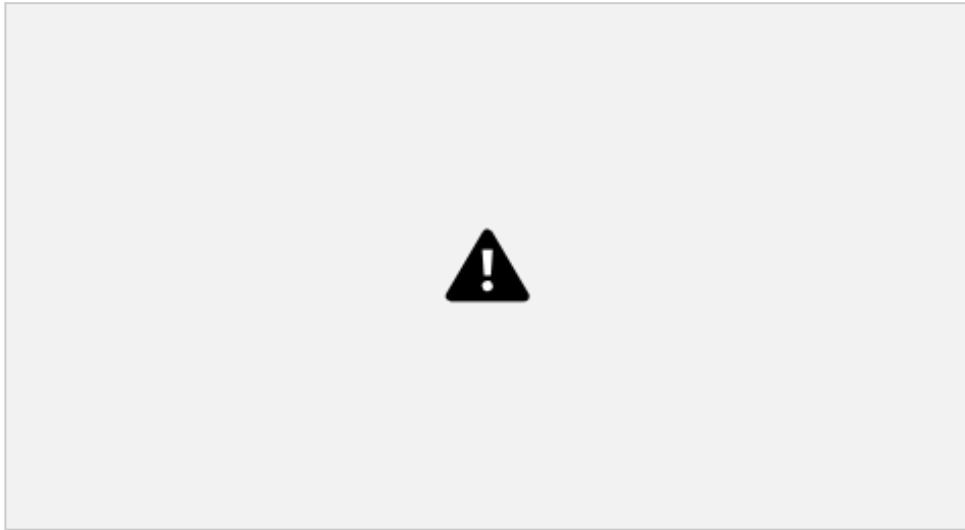


Figura 39. Flujo de fondos del proyecto.

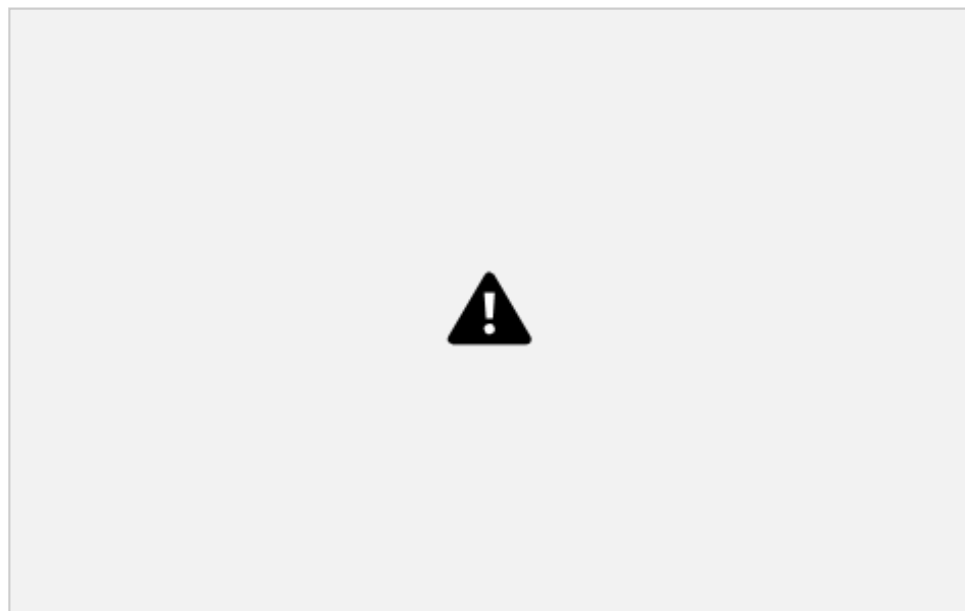


Figura 40. Flujo de fondos acumulado y período de repago.

4.3.7 Tasa de descuento (*Wacc*)

La curva de la **Figura 40** muestra la evolución del Valor Actual Neto del proyecto al ir variando la tasa de descuento. La WACC que hace al VAN igual a es la tasa de retorno del proyecto o TIR.

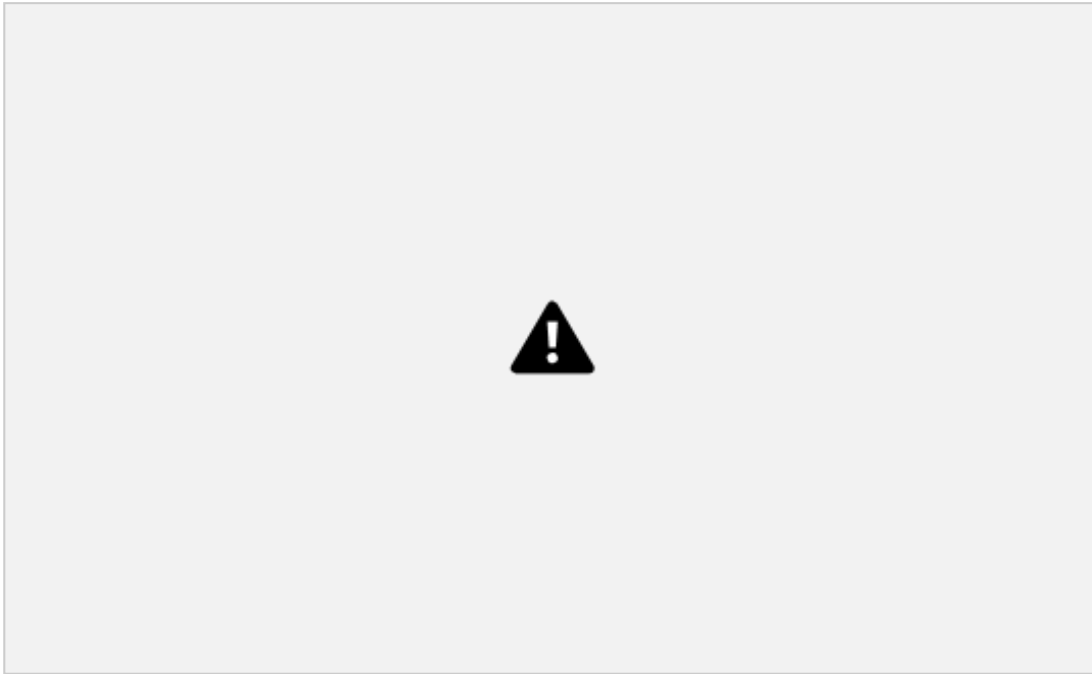


Figura 41. Valor Actual Neto del proyecto en función de la tasa de descuento.

El cálculo del WACC (weighted average cost of capital) será determinante para obtener conclusiones respecto al valor actual del proyecto. Para su cálculo se utilizó la siguiente expresión:

$$WACC = kd (1 - IG) \frac{D}{D + E} + ke \frac{E}{D + E}$$

E: Patrimonio

D: Deuda

Kd: Costo de la deuda

Ke: Costo del capital propio

Al no contemplar alternativas para la financiación del proyecto, no se toma deuda (D=0) y la expresión se simplifica igualando la tasa de descuento con el costo del capital propio.

$$WACC = ke$$

Costo del capital propio

Se estima como la tasa asociada con la mejor oportunidad de inversión de riesgo similar que se abandonará para destinar esos recursos al proyecto. Para su cálculo se eligió el modelo CAPM tradicional. El costo de capital propio se calculó de la siguiente forma:

$$k_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_c$$

R_m : rentabilidad del mercado

R_f : tasa libre de riesgo

R_c : tasa de riesgo país

β : medida del riesgo sistemático

R_f es la tasa libre de riesgo, para su estimación se tomo el rendimiento de los bonos de Estados Unidos a 10 años de horizonte temporal. Este valor fue obtenido de www.stockssite.com.

Rf:	3,08%
-----	-------

El β es una medida del riesgo sistemático característico de cada negocio. En este caso se eligió el de una empresa prestadora de servicios de transporte.

β :	33%
-----------	-----

R_m es la tasa de rentabilidad del mercado, es decir la tasa de retorno que el inversor espera recibir del mercado de acciones. En este caso se tomo la rentabilidad del índice S&P 500. El promedio de la tasa de retorno anual de los últimos 17 años fue de 8,1%.

Rm:	8,10%
-----	-------

R_c es la tasa de riesgo país obtenida a partir de la siguiente fuente: www.riesgopais.com

Rc:	6,25%
-----	-------

Con las tasas anteriores se obtiene una la tasa de descuento de 11% para el flujo de fondos del proyecto.

WACC:	11%
--------------	------------

4.3.8 Cálculo de Indicadores de Rentabilidad (VAN y TIR)

Para la evaluación del proyecto se utilizaron dos indicadores financieros que brindan información para analizar rentabilidad del proyecto.

Valor Actual Neto (VAN)

El cálculo del VAN consiste en obtener el flujo de fondos descontado en términos del año 0. Mide el excedente generado por el proyecto por encima de lo que será producido por los mismos fondos si la inversión se colocase en un plazo fijo con interés igual a la tasa de descuento. Por ello se considera que un proyecto se puede aceptar si se obtiene un valor positivo del indicador. Se toman como datos los valores del flujo de fondos de cada periodo i (FF_i) y la tasa de descuento (d) y se aplica la fórmula siguiente:

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} FF_i x \frac{1}{(1+d)^i}$$

Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de interés con la cual el VAN del proyecto se hace cero, este método evita el empleo de una tasa de descuento calculada. Se toman como datos los valores del flujo de fondos del proyecto de cada periodo i , siendo d la tasa interna de retorno.

$$= \sum_{i=0}^{i=n} FF_i x \frac{1}{(1+d)^i} = 0$$

Los valores de VAN, TIR y período de repago de este proyecto son:

TIR	63%
VAN	\$ 1.102
Período de Repago (años)	2,1

Estos valores indican que desde el punto de vista financiero y de rentabilidad se trata de un proyecto aceptable.

4.3.9 Análisis de sensibilidad del proyecto

Siendo la demanda del proyecto una proyección estimada y de alto impacto en el resultado del mismo, es importante analizar cómo afecta al VAN y a la TIR posibles cambios en esta variable.

Para ello se simuló diferentes niveles de demanda marginal del transporte público (es decir, la demanda generada por el proyecto) y se calculó el VAN y la TIR

correspondiente a cada escenario. Los niveles de demanda analizados son, además del 20% planteado como proyección real, un aumento del 15% del 10% y del 5%.

Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la **tabla 12**:

Incremento de Demanda	VAN	TIR
%	Millones \$	%
20%	\$ 1.102	63%
15%	\$ 665	46%
10%	\$ 330	33%
5%	\$ (161)	(3%)

Tabla 12. VAN y TIR calculados para escenarios de diferente nivel de demanda.

El incremento de demanda necesario para que el proyecto sea rentable es de 7% de los usuarios de colectivos. Cualquier incremento mayor de demanda resultará en un VAN positivo, y uno menor en un VAN negativo.

5. CONCLUSIONES

Este proyecto tiene incidencia en la realidad urbana y busca tener un efecto en la calidad de vida de las personas que viven en la ciudad de Buenos Aires.

Dichos efectos son, en primer lugar, la mejora del servicio brindado a los usuarios del transporte público. La posibilidad de consultar información en tiempo real y la reducción del tiempo de viaje tienen como objetivo incrementar la satisfacción de los pasajeros al ofrecer una alternativa de transporte con menor incertidumbre, más confiable y más rápida.

En segundo lugar, se consigue mejorar la eficiencia del transporte público al optimizar los recursos disponibles gracias a la posibilidad de una gestión on-line y de mayor control sobre la operación del servicio. Esto se observa mediante el seguimiento de indicadores como el coeficiente de ocupación o la cantidad de pasajeros transportados sobre el número de colectivos activos.

Los impactos que surgen como resultado de los puntos anteriores son principalmente dos. Por un lado se consigue un incremento de los usuarios del transporte público, incrementando los ingresos del sistema. Por otro lado se impacta positivamente en el medio ambiente al reducir el tránsito de autos particulares al incentivar el uso del transporte público. Esto trae aparejado menores emisiones de dióxido de carbono al aire, menor consumo de combustibles fósiles, y menor necesidad de ampliar la infraestructura vial al tener menor tránsito dejando más lugares disponibles para el uso de los ciudadanos, como se muestra en la **figura 39**.



Figura 42. Comparación del espacio requerido por diferentes medios de transporte.

En la fotografía se puede apreciar que el espacio requerido para transportar a 60 personas mediante autos particulares es desproporcionado respecto a otros medios de transporte. En este caso la comparación se realiza versus el transporte en bicicletas y finalmente contra la utilización del transporte público de colectivos.

Para la cuantificación de estos efectos se pueden realizar dos análisis: el del impacto económico y el del impacto ambiental.

5.1. IMPACTO ECONÓMICO

En el capítulo anterior se realizó el análisis económico del proyecto donde se presentaron los indicadores principales, el VAN y la TIR, obteniéndose valores que indican la viabilidad del proyecto. No obstante, dada la realidad del país es necesario contemplar otras variables o circunstancias que pueden afectar al desarrollo del proyecto. Es de conocimiento público que una singularidad del negocio de transporte público es el aporte de subsidios por parte del estado.

Breve análisis de los subsidios al transporte público

Con el objetivo de mantener bajos los precios del transporte público, en la actualidad el gobierno aporta altos subsidios en la Argentina y en particular en la ciudad de Buenos Aires.

La Argentina jamás subsidió al transporte de colectivos hasta la crisis de 2002. El sistema era autónomo y si bien siempre tuvo tarifas reguladas, el boleto alcanzaba para gastos operativos, renovación de unidades y mantener la rentabilidad del negocio. En mayo de 2002, luego de declarada la emergencia del sector, situación que aún hoy se mantiene, se empezó a pagar subsidios.

Se creó el Sistema Integrado de Transporte Automotor (Sistau). Se trata de un fondo que se nutre con un porcentaje de la tasa que se cobra a cada litro de gasoil que se vende en el país.

Esa fue la única fuente de dinero que el estado aportó a los transportistas hasta mayo de 2005. Entonces debido a la presión de los costos, sobre todo el salarial, y la tarifa congelada, se empezó a liquidar un refuerzo hasta que, finalmente, en junio de 2006, surgió el Régimen de Compensación Complementaria (RCC)

El Sistau, que alguna vez alcanzó para cubrir todos los subsidios y que proviene de una tasa al gasoil, representa ahora alrededor de un tercio del total que se necesita. Los otros dos tercios son soportados por el propio fisco mediante el RCC.

En el 2010 los colectivos porteños recibieron subsidios por \$761 millones, de los cuales \$254 millones son soportados por el impuesto al gasoil y \$507 millones salen de otras fuentes de recaudación que podrían ser utilizadas para otros fines. Estos últimos son los fondos que deberían ser remplazados por fuentes propias, ya que su asignación al transporte público va en detrimento del cumplimiento de otras responsabilidades del estado. Es decir que subsidiar con \$507 millones extras al transporte significa no gastar \$507 millones en educación, salud o alguna otra área crítica para una sociedad.

Beneficio del proyecto vs. Subsidios

En plena implementación, es decir con el proyecto funcionado a “régimen”, este generaría fondos por aproximadamente \$283 millones. Bajo estas circunstancias, el beneficio marginal generado por el proyecto alcanzaría para cubrir el 56% de los subsidios provenientes de fuentes que no sean los impuestos previstos para este fin.



Figura 43. Comparación de los subsidios al transporte en colectivos. Situación actual vs. Situación con proyecto implementado.

5.2. IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE

Según un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental, en la capital de la Argentina el transporte es el responsable de la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Dentro del transporte, los automóviles particulares son los que

generan la mayor cantidad de estos gases. Estos son responsables de 3,7 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente¹.

¿Cuántos autos se mueven hoy en la ciudad?

Por ser el epicentro de la región y del país, diariamente ingresan a Capital Federal 1.320.000 vehículos, que se suman a los más de 800 mil autos particulares que ya hay en la metrópoli. Entonces más de 2 millones de automóviles transitan diariamente en Capital Federal y convierten sus 200 kilómetros cuadrados de superficie en sinónimo de congestión, accidentes y contaminación atmosférica y acústica. Las arterias de Capital Federal no dan abasto. Una inadecuada política crediticia arroja todos los días más autos a un parque automotor cada vez más numeroso, frente a calles que continúan siendo las mismas.

¿Cuánto aumenta en el uso del transporte público por el proyecto?

Según las estimaciones realizadas en el desarrollo de este proyecto, con las implementaciones de un sistema de transportes inteligentes en la red de colectivos se podrían transferir alrededor de 330 mil usuarios de autos particulares diarios al transporte público. Esto equivale a un 18 % de los 2.120.000 autos que circulan en la ciudad de Buenos Aires todos los días.

¿Cuánto emite cada auto?

De acuerdo a un informe de la Agencia de Protección Ambiental cada auto en la Capital Federal consume un promedio de 750 litros de combustible durante un año. Este consumo genera emisiones por 1,6 toneladas de dióxido de carbono equivalente, significativamente menor que las 41,7 toneladas generadas por un colectivo durante un año.

No obstante, cuando entran en consideración la cantidad de pasajeros transportados tanto por autos como por colectivos las conclusiones son otras. Por cada pasajero en un viaje promedio, el auto libera a la atmosfera 2kg de CO2 equivalente, mientras que el

¹ Es la unidad de medición usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono. Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO2eq) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global. Fuente: *PAS 2050:2008. Carbon Trust*

colectivo solo genera 0,15 kg del mismo gas, es decir un 93% menos de emisiones nocivas por pasajero.

¿Cuántas disminuye el nivel de emisiones implementando el proyecto?

Contemplando las estimaciones de demanda del proyecto, se dejarían de liberar a la atmósfera alrededor de 620 mil toneladas de CO2 equivalente al año, un 15 % menos que el nivel de emisiones actuales. Estas emisiones equivalen a los gases que serían generados por una central térmica de 300 megavatios de potencia, con la capacidad para cubrir la demanda de energía de 180 mil hogares.

5.3. Barreras del proyecto

Barreras Políticas

La principal barrera para la implementación del transporte público inteligente es la falta de decisión política. Son los gobiernos los que deben darle la prioridad al transporte público e idear estrategias para su mejora continua y así adaptarse para satisfacer las necesidades de los clientes. En este sentido, los gobernantes deben tomar claramente una postura a favor del transporte público y como mínimo plantear los escenarios propicios para su desarrollo.



Existen diferentes factores o interés que juegan en contra de esta postura a favor del transporte público, como por ejemplo lo es el incentivo al consumo de automóviles para favorecer a la industria automotriz.

Barreras Sociales

Es importante tener en cuenta a uno de los actores más importantes dentro del servicio de transporte público: los choferes. La implementación del proyecto debe hacerse junto con las personas que manejan los colectivos, para que estos no se sientan controlados y así no generar una actitud adversa hacia el proyecto. Por el contrario se debe lograr la integración del sistema donde los choferes también sean beneficiados por la implementación de las nuevas tecnologías.

5.4. Próximos pasos a seguir

Si bien este trabajo se enfoca la aplicación de tecnologías para mejorar el transporte público de colectivos, con la cual se logran los resultados ya expuestos, la solución óptima al problema del transporte en las ciudades se consigue a través de un sistema de transporte público integrado, donde todos los medios de transporte funcionen de manera coordinada y en beneficio de los usuarios.

Como primera medida es fundamental la aplicación de las tecnologías explicadas en este trabajo al tren y al subte para obtener información en tiempo real sobre la movilidad. Partiendo desde ese punto se pueden ensayar alternativas como la creación de grandes parques de estacionamiento en las afueras de la ciudad, estaciones de transbordo para transporte intermodal y pasaje único para los diferentes tipos de transporte.

Todo este sistema debiera ser gestionado desde un “Centro de control integrado de movilidad”. Con el objetivo de lograr la integración de toda la información relacionada con la movilidad tanto del transporte público, del privado y también del peatonal para la integración de la tecnología, información y comunicaciones, de todos los modos de transporte y servicios de emergencias.

6. Bibliografía

- Rodrigo Fernandez.1999. Ciencia al día: Análisis del problema del transporte urbano.
- Darío Hidalgo. Marzo de 2005. Comparación de Alternativas de Transporte Público Masivo - Una Aproximación Conceptual.
- Defensoría del pueblo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2008. Transporte Automotor de pasajeros de la ciudad de Buenos Aires.
- Arturo Martínez Ginestal. Optimizar la gestión del transporte público urbano. Un paso más hacia la sostenibilidad. Nuevas tecnologías en la aplicación de flotas.
- Joana Maria Seguí Pons, Maria Rosa Martínez Reynés. 2004. Los sistemas inteligentes de transporte y sus efectos en la movilidad urbana e interurbana
- Xavier Labandeira. 2006. La regulación ambiental de los automóviles.
- Ginés de Rus, Javier Campos, Gustavo Nombel. 2003. Economía del transporte
- Francisco Zurita Ruiz. Octubre de 2009. Sistema para la prioridad BUS basado en análisis Geo-referencial. IV Jornadas sobre Gestión de Tráfico Urbano / Trafic – IFEMA. Disponible online en:
<http://www.worlditsdirectory.com/ftp/091027%20:%20IV%20JORNADA%20SOBRE%20TRAFICO%20URBANO,%20MADRID/Sesion%205/Francisco%20Zurita%20Ruiz%20-%20Indra.pdf>
- III JORNADAS SOBRE GESTIÓN DE TRÁFICO URBANO, Sevilla 2008. Disponible on line en:
<http://www.worlditsdirectory.com/ftp/080416%20:%20III%20JORNADAS%20SOBRE%20GESTION%20DEL%20TRAFICO%20URBANO,%20SEVILLA/VIERNES,%2018%20DE%20ABRIL/SESION%2015/CARLOS%20BUIRA,%20SICE.pdf>
- Sergio Martínez Sánches 2007. Gestión inteligente de flotas de transporte: el proyecto e-bus de la empresa municipal de transportes de Madrid. Disponible online en:
http://www.fundacionmovilidad.es:8080/_archivos/_upload/_archivos/Martinez.pdf
- Recorridos de colectivos. Disponible online en:

http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com_content&task=view&id=251&Itemid=122&lang=es

- Caso Madrid. Fundación movilidad. 2008. Informe sobre la movilidad en Madrid.
- Caso Barcelona.
<http://campus.uoc.org/~jmora/misc/sae.html>
- Caso Pórtland.
<http://www.itsbenefits.its.dot.gov/its/benecost.nsf/ID/6CD6F021C589BF918525741700552E70?OpenDocument&Query=BApp>
- Caso San Luis.
<http://www.ulp.edu.ar/ulp/paginas/PrensaULPDetalle.asp?Eje=4&InfoPrensaId=2110>
- Caso Buenos Aires.
<http://www.canal-ar.com.ar/noticias/noticiamuestra.asp?Id=4341>
- Otros sitios web consultados
 - Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. (www.buenosaires.gov.ar)
 - Comisión nacional de Regulación del Transporte (www.cnrt.gov.ar)
 - International Monetary Fund World Economic Outlook Database (www.imf.org)
 - Subterráneos de Buenos Aires (www.sbase.com.ar)
 - Wikipedia (www.wikipedia.org)
 - Defensoría del pueblo de la nación. (www.defensor.gov.ar)