



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TRANSPORTES

**“METODOLOGÍA BASADA EN EL MODELO DE COSTO-EFICACIA, PARA
EVALUAR SISTEMAS DE COBRO ELECTRÓNICO EN SISTEMAS DE
TRANSPORTE MASIVO. CASO DE ESTUDIO: METRO VÍA CIUDAD DE
GUAYAQUIL”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE

MAGISTER EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE

Alex Heriberto Rojas Alvarado

Manuel Augusto Vásquez Quezada.

AUTORES

Quito – Ecuador

2013



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRÍA EN TRANSPORTES


La presente tesis de grado ha sido realizada enteramente por los señores:
Ing.Manuel Augusto Vasquez Quezada y el Lic. Alex Heriberto Rojas Alvarado, bajo
la Dirección del MBA.Mario Villagómez y revisada por el Ing.Fredi Paredes Vásquez
y el Econ. José Herdoiza Lanás, quienes dejan constancia de lo antes indicado.



MBA.Mario Villagómez
DIRECTOR



Ing.Fredi Paredes Vásquez
REVISOR



Econ. José Herdoiza Lanás
REVISOR



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRÍA EN TRANSPORTES

TÍTULO:

**"METODOLOGÍA BASADA EN EL MODELO DE COSTO-EFICACIA, PARA
EVALUAR SISTEMAS DE COBRO ELECTRÓNICO EN SISTEMAS DE
TRANSPORTE MASIVO. CASO DE ESTUDIO: METRO VÍA CIUDAD DE
GUAYAQUIL"**

AUTORES:

ALEX HERIBERTO ROJAS ALVARADO
MANUEL AUGUSTO VÁSQUEZ QUEZADA.

Este documento certifica que el presente trabajo es de mi autoría y no de otra persona, a menos que explícitamente sea reconocida en la misma (incluyendo citas de fuentes publicadas y no publicadas). El trabajo no ha sido presentado en forma alguna en otra institución para la evaluación de cualquier propósito.

Quito, Mayo de 2013

Alex Heriberto Rojas Alvarado

C.I. 060317292-5

Manuel Augusto Vásquez Quezada

C.I. 010268385-1



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRIA EN TRANSPORTES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, **ALEX HERIBERTO ROJAS ALVARADO**, C.I. **060317292-5**, autor del trabajo de graduación titulado: **“Metodología Basada en el Modelo de Costo-Eficacia, Para Evaluar Sistemas de Cobro Electrónico en Sistemas de Transporte Masivo. Caso de Estudio: Metro vía Ciudad de Guayaquil”**, previa a la obtención del grado académico de **MAGISTER EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE**, en la Facultad de Ingeniería:

- 1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
- 2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, Mayo de 2013

Alex Heriberto Rojas Alvarado

C.I. 060317292-5



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRIA EN TRANSPORTES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, **MANUEL AUGUSTO VASQUEZ QUEZADA**, C.I. 010268385-1, autor del trabajo de graduación titulado: **“Metodología Basada en el Modelo de Costo-Eficacia, Para Evaluar Sistemas de Cobro Electrónico en Sistemas de Transporte Masivo. Caso de Estudio: Metro vía Ciudad de Guayaquil”**, previa a la obtención del grado académico de **MAGISTER EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE**, en la Facultad de Ingeniería:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, Mayo de 2013

Manuel Augusto Vásquez Quezada

C.I. 010268385-1

DEDICATORIA.

Alex H. Rojas Alvarado

Dedicamos esta tesis a las personas más importantes e nuestras vidas, por su amor y apoyo siempre. A nuestros padres, que nos dieron la vida y que nos han convertido en lo que ahora somos. A mi hermana, a mi sobrina y sobrino. Las cuales me han brindado su apoyo constante e incondicional y es solo gracias a ellos que estamos alcanzando nuestros sueños y metas. Nuevamente gracias por todo.

Manuel A. Vásquez Quezada.

Dedicamos esta tesis a las personas más importantes en nuestras vidas, por su amor y apoyo siempre. A Dios por dejarme llegar a este momento importantísimo de mi vida, a nuestros padres, que nos dieron la vida y que nos han convertido en lo que ahora somos. Mi Esposa y mis hijos. Las cuales me han brindado su apoyo constante e incondicional y es solo gracias a ellos que estamos alcanzando nuestros sueños y metas. Nuevamente gracias por todo.

AGRADECIMIENTO.

Luego de haber concluido esta investigación, expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas que nos ayudaron en el desarrollo de la misma.

De manera muy especial a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por brindarnos la oportunidad de incrementar nuestros conocimientos y formarnos como mejores seres humanos gracias por su ayuda y hacer posible el desarrollo del presente trabajo.

Agradezco de manera especial al tutor de la misma, al MBA Mario Villagómez, quien fue la persona esencial en la orientación para la realización de esta tesis. A todo el personal del Programa de Maestría en Transportes de la PUCE que me brindaron su apoyo.

A nuestros padres, hermanos, familia y amigos

Gracias por el apoyo.

CONTADOR DE PALABRAS.

Número de páginas: 160

Número de palabras: 27502.

RESUMEN.

Se investiga los métodos que existen para evaluar sistemas de cobro electrónico, a partir del modelo costo-eficacia y a partir de ello se analiza, la ***METODOLOGÍA BASADA EN EL MODELO DE COSTO-EFICACIA, PARA EVALUAR SISTEMAS DE COBRO ELECTRÓNICO EN SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO. CASO DE ESTUDIO: METRO VÍA CIUDAD DE GUAYAQUIL*** basada en estudios similares, tomando en consideración la importancia del levantamiento de información y toma de encuestas a expertos nacionales e internacionales; como también el análisis de cada uno de los factores que intervienen en el análisis y evaluación de proyectos de cobro electrónico, con el objetivo de determinar si los sistemas de cobro electrónico tienen relación directa con nueve objetivos planteados en las matrices de eficacia.

Se detallan secuencialmente los pasos a seguirse, desde la toma de encuestas, criterios de procesamiento, y la evaluación de resultados mediante el costo-eficacia.

Palabras clave: costo-eficacia, metro vía, Sistemas Inteligentes de Transporte ITS, Sistemas de cobro electrónico, la ingeniería de transporte, escenarios, Guayaquil (Ecuador).

ABSTRACT.

We investigate methods for evaluating existing electronic payment systems, from cost-effective model and from it is analyzed, the METHODOLOGY BASED ON COST-EFFECTIVENESS MODEL TO EVALUATE PAYMENT SYSTEMS ELECTRONIC MASS TRANSIT SYSTEMS. CASE OF STUDY: METROVIA GUAYAQUIL from similar studies, taking into account the importance of gathering information and making surveys of national and international experts, as well as the analysis of each of the factors involved in the analysis and evaluation EFC projects, with the objective of determining whether the electronic payment systems relationship with nine goals outlined in arrays effectively.

It details the steps to be followed sequentially from taking surveys, processing criteria, and evaluation of results by the cost-effectiveness.

Keywords: cost-effectiveness, satellite meter, ITS Intelligent Transportation Systems, electronic payment systems, transportation engineering, scenarios, Guayaquil (Ecuador).

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	21
1.0 INTRODUCCIÓN	21
1.1 PRESENTACIÓN	21
1.2 RELEVANCIA DE ESTUDIO	24
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	27
1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
1.4 ALCANCE DE ESTUDIO.....	28
1.5 METODOLOGÍA.....	28
CAPITULO 2.....	30
2.0 MOBILIDAD	30
2.1 ESTRUCTURA Y TAMAÑO DE LA FAMILIA.....	31
2.2 MOVILIDAD E INGRESO	33
2.3 MOVILIDAD Y EDAD.....	34
2.4 MOVILIDAD Y GENERO	35
2.5 MOVILIDAD Y MEDIO DE TRANSPORTE	38
2.6 MOVILIDAD Y GRUPOS ÉTNICOS	39
2.7 MOVILIDAD Y CULTURA.....	40
2.8 MOVILIDAD Y DISCAPACIDAD FÍSICA.....	41

2.9	MOVILIDAD Y ESTRATEGIAS DE DESPLAZAMIENTO: PRESUPUESTOS DE TIEMPO Y ESPACIO.....	42
	2.9.1 IMPACTOS.....	45
	CAPITULO 3.....	47
	3.0 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE.....	47
	3.1 ERTICO.....	49
	3.2 ITS JAPÓN.....	51
	a. DESARROLLO DE LOS SISTEMAS DE NAVEGACIÓN.....	56
	b. COBRO DE PEAJE ELECTRÓNICO.....	56
	c. ASISTENCIA PARA UNA CONDUCCIÓN SEGURA.....	57
	d. OPTIMIZACIÓN DEL GERENCIAMIENTO DE TRÁFICO.....	57
	e. AUMENTO DE LA EFICIENCIA EN EL GERENCIAMIENTO DE LA VÍAS.....	58
	f. APOYO AL TRANSPORTE PÚBLICO.....	58
	g. AUMENTO DE LA EFICACIA OPERACIONAL DE VEHÍCULOS COMERCIALES.....	59
	h. APOYO A LOS PEATONES.....	59
	i. APOYO PARA OPERACIONES DE VEHÍCULOS DE EMERGENCIA...60	
	3.3 ITS JOINT PROGRAM (EUA).....	60
	CAPITULO 4.....	64

4.0 SISTEMAS DE COBRO ELECTRÓNICO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO	65
4.1 TIPOS DE BOLETOS Y LECTORAS	65
4.1.1 EDMONSON	65
4.1.2 ISO	66
4.1.3 BUTTON	66
4.1.4 OTROS	66
4.1.5 INDUCTIVOS y RESISTIVOS	66
4.1.6 MAGNÉTICOS	67
4.1.7 INTELIGENTES	67
4.1.8 BUTTON	68
4.1.9 DE ARRASTRE	69
4.1.10 DE INSERCIÓN CON CONDUCCIÓN INTERNA	69
4.1.11 DE INSERCIÓN SIN CONDUCCIÓN	70
4.1.12 DE APROXIMACIÓN	70
4.2 LÓGICA DE OPERACIÓN	72
4.2.1 CONSIDERACIONES SOBRE EL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO	76
CAPITULO 5	77
5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE	77

5,1. MODELOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	80
a) MÉTODO DEL VALOR ACTUAL.....	80
b) MÉTODO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.....	82
c) MÉTODO DEL BENEFICIO-COSTO.....	83
d) CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	84
5.2 METODOLOGÍA COSTO-EFICACIA.....	86
5.3 LA MATRIZ DE EFICACIA.....	88
5.4 PONDERACIÓN DE OBJETIVOS.....	92
a) TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE OBJETIVOS POR RELATIVIDAD.....	92
b) MÉTODO DE ESCALONAMIENTO.....	93
c) MÉTODO DE CLASIFICACIÓN.....	94
d) MÉTODO DELPHI.....	96
5.5 DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA POR OBJETIVO.....	96
a. TÉCNICA DE LA CURVA DE UTILIDAD LINEAL.....	97
b. CURVA DE UTILIDAD NO-LINEAL.....	98
5.3 CONSIDERACIONES SOBRE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.....	99
CAPITULO 6.....	102
6 EFICACIA DEL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO.....	102
6.1 LEVANTAMIENTO DE LOS PRINCIPALES INDICADORES DE EFICACIA DEL AFC.....	102

6.2	CARACTERIZACIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL AFC.....	110
a)	REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE.....	112
b)	AUMENTO DE LA SEGURIDAD.....	112
c)	REDUCCIÓN DE LA EVASIÓN DE LA TARIFA.....	114
d)	REDUCCIÓN DEL COSTO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE COBRO.....	115
e)	AGREGACIÓN DE NUEVOS SERVICIOS.....	115
f)	AUMENTO DE LA FLEXIBILIDAD DE LA POLÍTICA TARIFARIA.....	116
g)	REDUCCIÓN DEL COSTO PARA EMPLEADORES QUE FORNECEN TICKET.....	116
h)	REDUCCIÓN DEL COSTO CON RECOLECCIÓN DE DATOS.....	117
	CAPITULO 7.....	120
	7. EL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO Y EL MODELO COSTO – EFICACIA.....	120
	7.1 CASO DE ESTUDIO-METROVIA.....	127
	7.1.1 OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	129
	7.1.2 SISTEMA DE RECAUDO TACOM.....	129
	7.2 EL SISTEMA DE COBRO ELECTRÓNICO Y EL MODELO COSTO – EFICACIA.....	136
	7.3 CONSIDERACIONES SOBRE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	141

7.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE LA EFICACIA DEL AFC.....	142
7.5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	142
7.6 CALCULO DE LOS FACTORES DE PONDERACIÓN.....	144
7.7 FACTORES DE PONDERACIÓN.....	147
7.8 CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	147
CAPITULO 8.....	148
8.1 CONCLUSIONES.....	148
8.2 RECOMENDACIONES.....	150
CAPÍTULO 9.....	142
BIBLIOGRAFÍA.....	151
ANEXO.....	160

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 de Eficacia Relativa a la Movilidad del Sistema de Cobro electrónico, de acuerdo a los especialistas.....139

Tabla 2 de Eficacia Relativa a la Movilidad del Sistema de Cobro electrónico.....140

Tabla 3 de Eficacia Relativa a la Movilidad del Sistema de Cobro electrónico de acuerdo a los especialistas.....146

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Uso del ITS en el mundo.....	22
Cuadro 2. Movilidad y edad Sao Paulo 2007	34
Cuadro 3 .Movilidad y Géneros. Varias Ciudades.....	36
Cuadro 4. Gastos de tiempo y espacio por ingreso.	43
Cuadro 5. Impactos.....	46
Cuadro 6. Parámetros de evaluación de proyectos ITS japonés.....	55
Cuadro 7. Subsistemas de gerenciamiento de transporte público.....	62
Cuadro 8. Subsistemas de cobro electrónico	63
Cuadro 9. Principales Sistemas de cobro electrónico en Europa.....	71
Cuadro 10. Relación entre lectoras	72
Cuadro 11. Relaciones de interdependencia entre los órganos.....	74
Cuadro 12. Cuadro de Unidades METROVIA	120
Cuadro 13. Troncales del Sistema.....	121
Cuadro 14. Líneas Alimentadoras.....	122
Cuadro 15. Cuadro de operación	132
Cuadro 16. Factores de Ponderación.....	143

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1. Movilidad Individual en ingreso familiar, Sao Paulo y Bogotá	
.Viajes/personas/día según nivel de ingreso.....	33
Grafico 2. Uso de los modos de transporte e Ingreso Familiar.....	39
Grafico 3. Arquitectura ITS. Básica del Japón.....	54
Grafico 4. Lógica de operación.....	73
Grafico 5. Confiabilidad de una decisión en Transportes en función del número de variables envueltas.	78
Grafico 6. Costo de una decisión en transportes en función del número de variables envueltas	79
Grafico 7. Facilidad de obtener una decisión en función del número de variables envueltas.....	79
Grafico 8. Análisis Sistemático.....	80
Grafico 9. La tabla costo-eficacia.....	89
Grafico 10. Matriz eficacia.....	90
Grafico 11. Método de las comparaciones sucesivas.....	95
Grafico 12. Interpolación de las eficacias por relatividad.....	97
Grafico 13. Interpolación de las eficacias por utilidad lineal.....	99
Grafico 14. Interpolación de las eficacias por curva no lineal.....	100

Grafico 15. Sistematización de los objetivos.....	118
Grafico 16. Operación del sistema.....	128
Grafico 17. Sistema de Recaudo.....	129
Grafico 18. Tarjetas Metrovia.....	130

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

El mundo se urbaniza rápidamente y la densidad de población aumenta. Un informe de las Naciones Unidas estima que aproximadamente el 70% de la población mundial vivirá en ciudades en 2050. Este crecimiento conlleva una expansión de la demanda a la que están sometidas todas las infraestructuras urbanas, incluyendo el transporte.

Un estudio llevado a cabo por IBM en el año 2000 en más de 50 ciudades desarrolladas y en desarrollo de todo el mundo revela que, aunque cada una de ellas tiene su propia problemática de transporte, los responsables de movilidad comparten retos comunes. La mayoría busca que sus ciudades sean más limpias y reducir la congestión del tráfico mejorando su flujo, sobre todo incrementando y mejorando el uso de sistemas de transporte público masivo y otras alternativas a los vehículos privados. Por lo que se refiere a los sistemas de transporte, la mayoría de los líderes gubernamentales coinciden en que es necesario invertir en infraestructuras. Sin embargo, las restricciones impuestas por la limitación presupuestaria obligan a gestionar más eficazmente la demanda y el suministro mediante el despliegue de sistemas de transporte inteligente (ITS).

La mayoría de las ciudades se encuentran en las primeras fases de comprensión y materialización de todo el potencial de los ITS. El estudio revela importantes

diferencias entre la evolución de la ciudad media y las principales prácticas globales.

De esta forma el uso de sistemas inteligentes se encuentra en una fase de constantes evolución y su gran uso hace que la mayoría de continentes se encuentre fomentando su uso como lo describe el siguiente cuadro

Cuadro 1: Uso del ITS en el Mundo

Carteles de mensajes variables	8 %	Australia
Guiado a través de VMS	Más de 20 %	Europa
Señalización luminosa	8 % a 25 %	USA
Señalización luminosa	10 % a 20 %	Japón
Señalización luminosa	20 %	Australia
Señalización luminosa	12 % a 48 %	Europa
Gerenciamiento de Incidentes	10 % a 45 %	USA
Gerenciamiento de incidentes	6 % a 12 %	Australia
Navegador en vehículo	4 % a 20 %	USA
Canal de información del tránsito	10 % a 45 %	USA
Centro de control de tránsito	10% prom.	Europa
Gerenciamiento de flotas	5 %	Europa
Transporte Intermodal	Más de 20 %	Europa
Prioridad de Bus	7 % a 19 %	Europa
Gerenciamiento integral del tránsito	25 %	Europa
Guiado dinámico	4 % a 8 %	Europa
Guiado dinámico	Aprox.15 %	Japón

Fuente: Prof. Kan Chen

Univerty of Michigan

De esta forma el uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) se ha mostrado creciente en el mundo. Entretanto, en el Ecuador el tema se ha desarrollado a un ritmo lento de evolución, con la inexistencia de normas capaces de apoyar la creación de una arquitectura nacional ITS.

Sin embargo esfuerzos individuales sin la normativa pertinente ha hecho que ciudades como Cuenca, Guayaquil y Quito implanten centros de monitoreo de tráfico urbano y controles semafóricos bajo software.

Cuenca ha sido la ciudad que más ha evolucionado en el Ecuador actualmente posee un centro de control de tráfico el cual controla bajo el sistema SCATS 5.1 un total de 126 intersecciones semafóricas con 50 cámaras de circuito cerrado, han logrado solucionar en gran medida sus problemas de congestionamiento siendo que en el mes de septiembre de 2008 se registraban velocidades de viaje promedio de 4.55 km/h, ya el 13 de mayo de 2010 se registró una velocidad de viaje promedio de 15 km/h.(información suministrada por la UMT. Cuenca).

Guayaquil y Quito también han comenzado la implementación de sistemas ITS, pero no han desarrollado o culminado totalmente sus proyectos en lo referente a controles semafóricos y de monitoreo.

La Agencia Nacional de Tránsito en el año 2010 inicia el programa de mejora del transporte público a nivel nacional, tomando como punto de partida el control de velocidades en los buses Interprovinciales, Intraprovinciales e Intracantonales, para este objetivo la ANT contrato a la empresa RAPTOR para la colocación, instalación de 60000 gps, los cuales están siendo instalados en todas las unidades de Transporte público. (Datos suministrados por la ANT).

De esta forma varios investigadores como VUCHIC (1981) ya resaltaban la importancia de la aplicación de la telemática en los transportes, resaltando el

desarrollo sustentable y el aumento de la eficiencia de los sistemas, reduciendo el gasto de recursos innecesarios para los estados.

El ITS se muestra como una herramienta eficaz para la optimización del uso de la infraestructura de transportes, con aumento comprobado de la movilidad urbana a través de aplicaciones en diferentes áreas de actuación. Con el avance tecnológico acelerado y la integración digital de los diversos sectores componentes de las ciudades, sería un error desconsiderar el ITS como una alternativa potencial para amenizar o resolver varios problemas de transporte.

1.2 Relevancia del estudio.

Los problemas relacionados al transporte pueden ser sintetizados como una necesidad: de personas y cargas de trasladarse de un lugar a otro. Por más simple que parece, esta es la base de las dificultades de equilibrar la movilidad, mediante el uso racional del espacio público y sus recursos.

Con el crecimiento de las ciudades y la formación de grandes conglomerados urbanos, en su gran mayoría sin una debida planificación y regulaciones del uso del suelo, el número de viajes tiende a aumentar. Esto puede ser explicado por el hecho de que las redes viales urbanas proporcionan gran acceso a la población local, pero no siempre se posee la suficiente infraestructura para poder atender la demanda, principalmente en las horas de máxima concentración.

Así mismo, el medio ambiente pasó a ser la preocupación de muchos gobiernos y personas, que se preocupan del crecimiento de una forma autosustentable.

A esto también se le puede adicionar el carácter dinámico del surgimiento de los generadores de tráfico, puesto que la alteración del uso del suelo, es capaz de

afectar el tránsito de toda una ciudad y cambiar la configuración de las líneas de deseo. Esto es importante porque el estudio de movimientos de la población está directamente relacionado al uso del sistema de transporte público. Debido a que la realización de este tipo de estudios suelen ser demorados, varias alternativas deben ser propuestas para que las variaciones de las necesidades de la población no afecten la operación de los sistemas de transporte de forma profunda.

En consecuencia, la Ingeniería del transporte ha buscado la forma de utilización más racional de la infraestructura vial, considerando todas las dificultades de realizar grandes obras para el aumento de la capacidad del transporte existente. Tales impedancias son ejemplificadas por los costos económicos y financieros evitados por los sistemas ITS al tener que desapropiar una región habitada o reducir áreas de vegetación, para poder facilitar el uso del automóvil.

La utilización del ITS varía de acuerdo a cada país, principalmente en relación al nivel de desarrollo de cada uno: en cuanto los países más industrializados utilizan sistemas de navegación, aumentando la seguridad en el transporte y en la administración de informaciones. Los países en vías de desarrollo a través de sus gobiernos lo utilizan como sistemas de fiscalización, controlando las flotas y el cobro automático.

Una vez que la nueva Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica de Transporte terrestre, Transito y Seguridad Vial entro en vigencia el 29 de Marzo de 2011 en el Ecuador, nuevas consideraciones aparecieron para las operadoras de transporte, entre ellas el uso de una caja común. Esto ha traído grandes preocupaciones entre los líderes del transporte, enfocándose principalmente en nuevos sistemas de fiscalización y administración. Los sistemas de cobro electrónico, asumen una vital

importancia en este punto, debido a que su uso abre la posibilidad de reducción de fraudes a las empresas y evasiones fiscales al SRI (Servicio de Rentas Internas). De esta forma, la herramienta capaz de ofrecer numerosos beneficios es relegada apenas a un simple sistema de fiscalización.

Un estudio desarrollado por la Asociación Nacional de Empresas de Transportes Brasileñas en 2001, destacó que de las capitales brasileñas en un 86%, ya tenían un sistema de cobro electrónico en operación y que apenas el 14% no pretendían implantarlo a corto plazo. Este tipo de información revela una clara tendencia en nuestro continente.

Observando algunos estudios realizados en otros países, se puede prestar atención a muchos beneficios entre los cuales se pueden citar:

- Seguridad contra la evasión de impuestos
- Reducción de los costos de operación, debido a la eliminación de personal de cobranza
- Aumento de la flexibilidad política tarifaria
- Reducción del tiempo de embarque en los vehículos con sistemas electrónicos en su interior.

Así, el Volpe National Transportation Systems Center (USA) calculó que, entre los años 2000 y 2010, los beneficios producidos por los sistemas de cobro electrónico operacionales en los Estados Unidos representarían una cuantía aproximada a 1,2 a 3,5 billones de dólares, es decir que existiría un aumento sustancial en la cuantificación en cuanto a tiempo ganado por transacción que se puede interpretar como el costo que sufre el estado y sus habitantes por la pérdida de tiempo ante congestionamientos por transacciones.

El ITS, específicamente los sistemas de cobro electrónico, se muestran como la herramienta más eficaz para la optimización de los sistemas de transporte público, con el aumento comprobado de la movilidad urbana, con el avance tecnológico acelerado y la integración digital de los diversos sectores componentes de las ciudades, sería un error desconsiderar una metodología que proponga una evaluación que tenga que ver con la realidad de los mencionados sistemas de cobro.

1.3 Objetivo General

Comprobar con la metodología basada en el modelo costo-eficacia como el sistema de cobro electrónico en sistemas de transporte masivo mejora la movilidad de acuerdo a la definición de objetivos básicos en el desarrollo de las matrices de eficacia. Caso de estudio: Metrovía-Guayaquil.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Investigar sobre los Principales Índices de Movilidad en el Mundo.
- Analizar los principales Sistemas de Transporte Inteligente utilizados internacionalmente.
- Examinar los principales sistemas de cobro electrónico usados en el Ecuador.
- Elaborar la metodología de evaluación costo-eficacia para el sistema de transporte masivo Metro vía.
- Definir los objetivos básicos para determinar la matriz de eficacia en el sistema metrovia.

- Observar la eficacia del sistema de cobro electrónico en el sistema Metro vía.

1.4 Alcance del estudio.

Debido a la existencia de un número cada vez mayor de sistemas inteligentes, esta tesis se limitara a estudiar la eficacia de los Sistemas de cobro Electrónico, tomando como caso de estudio a el Sistema de Transporte Masivo Metro vía de la ciudad de Guayaquil.

Esta delimitación es fundamental para una correcta evaluación de los beneficios producidos, ya que la diversidad de aparatos electrónicos, de diferentes marcas acarrea datos muy específicos y con diferentes impactos sobre la movilidad.

Aunque nada impide que esta metodología sea aplicada a otros sistemas de transporte, siempre y cuando se tomen en cuenta las debidas consideraciones.

1.5 Metodología

Una investigación es definida como el procedimiento racional y sistemático que tiene por objetivo proporcionar respuestas a los problemas que son propuestos. La investigación es necesaria cuando se observa que no se dispone de información suficiente para responder al problema.

Las investigaciones pueden ser clasificadas en exploratorias, descriptivas y casuales de acuerdo con MATTAR (1993), así las exploratorias buscan aumentar el conocimiento sobre un determinado tema, las descriptivas buscan solucionar un problema o sugerir alternativas para su solución

GIL (1989) vigorizó la definición de investigación exploratoria, reforzando de esta forma la categorización de esta tesis:

“Las investigaciones exploratorias tienen como finalidad principal, el desenvolver, aclarar y modificar conceptos e ideas. Habitualmente están envueltas en grandes levantamientos bibliográficos y documentales, entrevistas informales y estudios de caso.”

Debido a esto la metodología del trabajo que se va a desarrollar es una investigación exploratoria con un método cuantitativo, puesto a que el tema reúne todos los requisitos antes mencionados de dicha investigación., SIMON (1969).

Por motivo de análisis a este trabajo se lo ha dividido de la siguiente manera:

- Capítulo uno, el cual presenta una breve introducción del tema ha ser desarrollado.
- Capítulo dos presenta una revisión acerca de los conceptos de movilidad y sus principales indicadores.
- Capítulo tres aborda los principales sistemas de transporte inteligente (ITS), y sus definiciones de acuerdo con las organizaciones más influyentes en el tema.
- Capítulo cuatro será descrito por los principales sistemas de cobro electrónico utilizados en el país, aquí se buscara demostrar la potencial ayuda que tiene el sistema, sobre los sistemas de transporte masivo.
- Finalmente en el capítulo cinco se presentara el modelo de evaluación de proyectos de transporte mediante la metodología costo-eficacia.

CAPÍTULO II

2. MOBILIDAD

A medida que las preocupaciones con la calidad de vida y el medio ambiente aumentan, la sociedad busca adoptar un concepto de movilidad urbana para la creación de acciones necesarias en la implementación de una política que permita a las personas acceder de forma eficiente y segura a los espacios urbanos.

Tal concepto estaría basado en el principio de que el transporte no es un fin lucrativo, sino más bien una manera de hacer que la población en sus diferentes extractos tenga acceso digno a los espacios de una determinada región para poder alcanzar sus intereses económicos y sociales.

Así por ejemplo el MINISTERIO DE LAS CIUDADES DE BRASIL (2005) afirma que el sistema de movilidad urbana puede ser considerado como un conjunto estructurado de modos, redes e infraestructuras que garanticen el movimiento de las personas en la ciudad y que mantienen fuertes interacciones con las demás políticas urbanas. Considerando que la característica esencial de un sistema es la interacción de sus partes y no las habilidades de sus componentes tomadas por separado, un factor determinante en las habilidades de cada sistema es exactamente como encajan sus partes, lo que es directamente relacionado con el nivel de interacción y compatibilidad entre agentes y procesos intervinientes en el sistema.

En el mismo sentido, el AYUNTAMIENTO DE BARCELONA (2003) considera que la movilidad urbana puede ser entendida como el resultado de la interacción de flujos de movimientos de las personas y bienes en el espacio urbano, contemplando

tanto a los flujos motorizados como a los no motorizados. Ella es entonces, un atributo de la ciudad y es determinada, principalmente, por el desenvolvimiento socioeconómico, por la apropiación del espacio y por la evolución tecnológica, en cuanto al transporte urbano se refiere estrictamente a los servicios y modos de transportes utilizados en los movimientos dentro del espacio urbano.

Muchas características relevantes emergen cuando se hace un análisis de los datos involucrados en el transporte. Ellas han sido analizadas y debatidas en la literatura especializada. Los principales factores que interfieren en la movilidad de las personas son: el ingreso, el género, la edad, la ocupación y el nivel educacional. La disponibilidad de transporte motorizado impacta fuertemente a los hogares; sin embargo, puede ser considerada como un factor asociado al nivel de ingreso. A continuación se describen los índices más relevantes a nivel internacional:

2.1 Estructura y tamaño de la familia

El tamaño de la familia afecta directamente la demanda de transporte de un hogar, no sólo debido al número de personas que se desplazan sino también a la dependencia mutua que se da para elegir quienes van a desplazarse y el momento en que lo harán. La estructura familiar también afecta la demanda como consecuencia de la división interna de las tareas. Factores religiosos y culturales pueden introducir otras influencias en el proceso de decisión acerca de cómo definir la estrategia de desplazamiento.

Los hogares de países en desarrollo difieren de los de países desarrollados, sobre todo por el número de miembros y por la estructura familiar, lo que incluye en

algunos países la existencia de familias poligámicas o ampliadas. Si al principio se considera la familia estándar occidental de cuatro a seis miembros, una pareja de adultos más los hijos y mayores, es posible comprobar que el patrón de desplazamiento será muy distinto, por ejemplo, al que se aprecia en Bamako (Mali) o Accra (Ghana), donde una familia tiene 11 y 8,6 miembros, respectivamente (Díaz Olvera *et al.*, 1997; Turner y Kwakye, 1996).

Dicha fotografía “estática” de la familia y su patrón de desplazamiento también puede sufrir alteraciones debido al ciclo de vida familiar: las familias se expanden y se reducen conforme a la necesidad de educación, la salud de los parientes que viven en zonas rurales o la ausencia temporal de personas que trabajan en áreas alejadas.

La ciudad de Guayaquil posee una población de 2.350.915 habitantes según el último censo realizado por el INEC en el año 2010, de este total de población en el mismo año la Compañía consultora Vera & Asociados realizó un estudio que arrojó como resultado que los viajes realizados según la partición modal en la ciudad son los siguientes:

Bus: 47%, **Metrovia:** 12%, **Bicicleta:** 3%, **Particular:** 11%, **Taxi:** 12%, **A pie:** 15%

De este modo podemos observar que según el mencionado estudio 282109 personas realizan viajes en el sistema metrovia de la ciudad de Guayaquil, de este porcentaje y según V&A el 51% de estos viajes se dan por motivos de trabajo, el 16% por estudio y el restante por varios motivos.

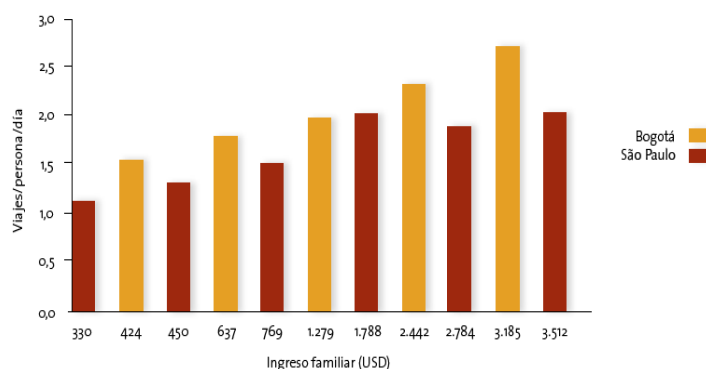
2.2 Movilidad e ingreso

Dentro de cualquier sociedad la movilidad aumenta cuando el ingreso aumenta. Esta proporción puede ser considerada como un fenómeno universal, independientemente de condiciones geográficas o sociales.

Esto significa que en una determinada ciudad las personas con mayores ingresos se desplazan con más frecuencia que aquellas de menores ingresos: la relación entre los extremos de la movilidad puede alcanzar de tres a cuatro viajes por persona al día. En Ouagadougou (Burkina Falso) tanto la movilidad general como la motorizada aumentan de acuerdo al aumento del ingreso de 3,5 a 4,5 y de 1,5 a 4 viajes por persona al día, respectivamente (Díaz Olvera *et al.*, 1997). En São Paulo, la diferencia de movilidad entre los estratos socioeconómicos de ingresos altos y bajos es de 1:1,75; mientras que en Bogotá es de 1:1,81 (ver Gráfico 1).

Gráfico 1. **Movilidad individual e ingreso familiar, São Paulo y Bogotá**

Viajes/persona/día, según nivel de ingreso



Fuente y Elaboración: CMSP 2009

2.3 Movilidad y edad

La edad impacta directamente la movilidad relacionada con las tareas que son atribuidas, aceptadas o esperadas por parte de cierto grupo de personas, de acuerdo a las condiciones sociales. Como la movilidad está primordialmente relacionada con el trabajo, las personas en fase “productiva”, entre los 20 y los 50 años generalmente se desplazan más. Considerando que la escuela es la segunda mayor causa de desplazamientos en la mayoría de los lugares, los niños y los jóvenes también son considerados muy “móviles”. Por su parte, los niños en etapa pre escolar y los jubilados aparecen en el grupo de los menos móviles (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Movilidad y edad Sao Paulo 2007

Rango de edad (años)	Viajes/día
0-4	0,71
4-7	1,80
7-11	2,20
11-15	2,23
15-18	2,49
18-23	2,19
23-30	2,29
30-40	2,39
40-50	2,09
50-60	1,73
>60	1,09

Fuente y Elaboración: CSMP, 2009

Algunas condiciones específicas pueden cambiar dicho patrón. Por ejemplo, cuando a los niños les toca trabajar, además de asistir a la escuela, su movilidad aumenta considerablemente. Conforme a lo planteado por Turner y Kwakye (1996:162) para el caso de Accra (Ghana), “los niños y los miembros mayores son

observados como recursos para ser usados de tal manera que permiten que aquellos con más potencial maximicen sus ingresos en beneficio de la familia”. Los niños trabajan para ayudar en la seguridad y la limpieza del hogar, que incluye el transporte de basura en largas distancias y para vender y negociar junto a los mayores, lo cual implica largas caminatas por el vecindario, así como en la realización de actividades semilegales, como la venta en las calles. Su presencia en casa es posible gracias al esquema de turnos escolares, cuando sus horarios son organizados de manera compatible con los de las mujeres. Sin embargo, como es la escuela y no los padres quienes definen los horarios, las familias necesitan comprometer la frecuencia de los hijos en la escuela para atender las necesidades del hogar.

2.4 Movilidad y género

El papel de las mujeres tiene especial importancia en la comprensión de los patrones diarios de desplazamiento en los hogares de los países en desarrollo. La mejor manera de comprender estos modelos es comenzando por la división de tareas del hogar y examinar los condicionantes culturales y religiosos de su movilidad. Conforme enfatiza Peters (1998:12), “las principales diferencias en las necesidades básicas de movilidad de hombres y mujeres están relacionadas con la división del trabajo, influenciada por el género dentro de la familia y la comunidad”. En la mayoría de los casos, las actividades externas al hogar son atribuidas principalmente a los hombres adultos, mientras las actividades dentro de la casa son atribuidas a las mujeres adultas. La primera consecuencia de esta división es

que en la mayoría de las sociedades las mujeres son menos móviles que los hombres. (Ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Movilidad y género, varias ciudades

Ciudad	Viajes/día	
	Hombres	Mujeres
Nueva Delhi, India ¹ (1990)	1,13	1,08
Bamako, Mali ²	3,70	2,40
São Paulo, Brasil ³ (2007)	2,07	1,85

Notas: ¹Sharma y Gupta, 1998; ²Diaz Olvera *et al.*, 1997; ³CMSP, 2009.

Fuente y Elaboración: CMSP, 200

La segunda consecuencia es que las mujeres suelen caminar más que los hombres y usan menos el transporte motorizado. En Hanoi, 54% de los viajes diarios realizados por mujeres son caminando, versus 38,7% de los hombres; en Ouagadougou, esos valores alcanzan 56% y 33%, respectivamente (Cusset, 1997). En Nueva Delhi, los modos privados de transporte son usados principalmente por los hombres, mientras los autobuses y las caminatas aparecen como los principales medios de las mujeres (Sharma y Gupta, 1998). En Hanoi, la movilidad en los medios motorizados de hombres y mujeres es de 1,3 y 0,7 viajes al día, respectivamente (Cusset, 1997).

El papel que las mujeres desempeñan debe ser analizado también tomando en cuenta su edad. En mujeres jóvenes, algunas restricciones de movilidad ocurren cuando las actividades escolares entran en conflicto con las características culturales de la sociedad o las expectativas de rendimiento de los padres.

En Bamako (Mali), las condiciones de movilidad de los niños que frecuentan la escuela son mejores que las de las niñas, pues la inversión en educación masculina

es considerada la más rentable (Díaz Olvera *et al.*, 1997), condición común a varias sociedades.

Restricciones similares aún ocurren en áreas rurales de Irán, donde algunos padres no permiten que sus hijas asistan a escuelas donde hay profesores de sexo masculino (Hallak, 1977). Por su parte, en áreas rurales de la región sur de Brasil (las más ricas del país, a pesar de registrar ingresos relativamente bajos), niños y niñas van a las escuelas en una proporción compatible con su presencia en la población general (Vasconcellos, 1997). Finalmente, cabe destacar la importancia de los condicionantes culturales y religiosas.

En algunas sociedades africanas, las bicicletas no son consideradas una forma de transporte adecuada para las mujeres debido al tipo de exposición física que implica. En hogares musulmanes tradicionales, las mujeres pueden salir a las calles sólo para cumplir con reducidas tareas específicas y los problemas del hogar son tratados por otras personas.

En la ciudad musulmana de Dakha, los requisitos de aislamiento de las mujeres dificultan su uso del transporte colectivo junto al de los hombres (Peters, 1998:14). Es importante enfatizar que los condicionantes siempre están sometidos a presiones externas para el cambio: conforme al análisis de Mankouch (1997), en los países árabes la organización tradicional familiar ha sido cuestionada debido a cambios resultantes de la urbanización, la industrialización y la escolaridad.

La familia patriarcal ya no es la única referencia porque el papel de la mujer está cambiando velozmente a causa de su participación en el mercado de trabajo, lo que también implica cambios en sus necesidades y aspiraciones. Un impacto directo en la demanda de transporte es que dichos cambios implican un número mucho mayor de viajes de mujeres, situación que podría “acabar con la invisibilidad espacial del género femenino” característica de ese país. Otra consecuencia es la tendencia de las mujeres a la motorización debido a la disponibilidad de nuevas fuentes de ingreso.

Dichas diferencias en el uso de la ciudad han sido objeto de análisis de expertos y han merecido la denominación “cuestión de género”, analizada más adelante.

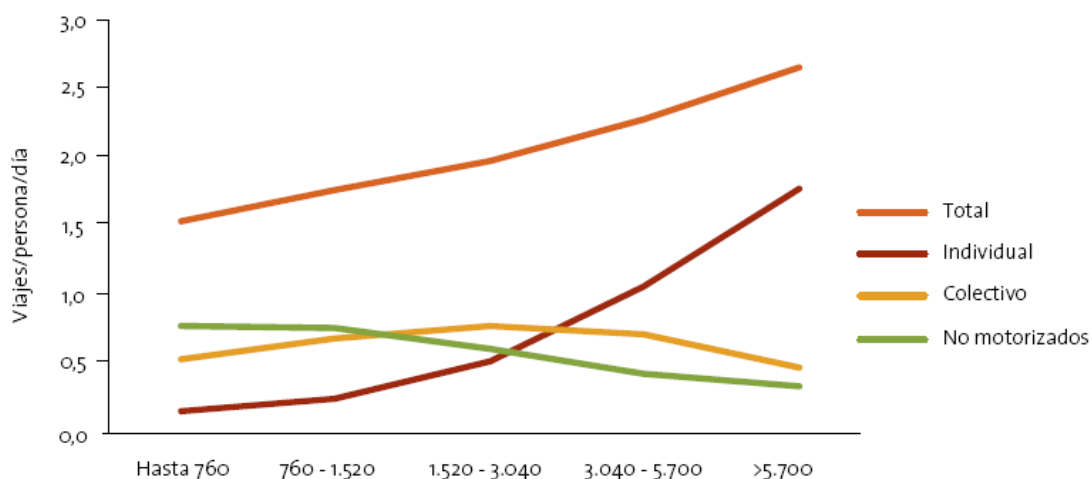
2.5 Movilidad y modo de transporte

El uso de diversas formas de transporte está fuertemente influenciado por el nivel de ingresos. Personas con bajos ingresos desempeñan mucho más el papel de peatones, ciclistas y usuarios de transporte público; personas con ingresos más altos suelen desempeñarse como motoristas o pasajeros de automóviles.

El ingreso tiene una fuerte influencia en la elección de los modos de desplazamiento, aunque en una comunidad de bajos ingresos en Accra (Ghana), la tarifa de los taxis colectivos duplica la de los autobuses (conocidos como *tro-tro*); aun así, la participación de los viajes en taxi aumenta entre 35% a 40% en los grupos de menores ingresos y entre 55% y 60% en los de ingresos más altos, mientras la participación de los *tro-tro* se reduce aproximadamente de 40% a 30%.

El Gráfico 2 muestra la variación del uso de los modos de transporte en función del ingreso en la región metropolitana de São Paulo en 2007. Puede observarse que el uso del transporte no motorizado (en el cual predominan las caminatas) es más alto en las familias de bajos ingresos y disminuye sostenidamente cuando el ingreso se eleva. El uso del transporte público parte desde un nivel bajo en las familias de escasos ingresos, sube en las familias de ingresos medianos, y vuelve a caer en el caso de las familias de ingresos altos (que pasan a usar el automóvil). El uso del transporte privado es el único que crece sostenidamente a medida que crece el ingreso.

Gráfico 2. Uso de los modos de transporte e ingreso familiar



Fuente y Elaboración: RMSP (2007)

2.6 Movilidad y grupos étnicos

La etnia interfiere en la movilidad tanto por las características de la ubicación física de las personas como por su diferenciación económica. En el primer caso, grupos sociales de distintas etnias ocupan diversas áreas de la ciudad, ya sea por

condicionantes directo o indirecto. En los países desarrollados, la etnia ha influenciado fuertemente a la movilidad.

Por ejemplo, en Estados Unidos, la división física entre blancos y negros que prevaleció hasta los años 60 tuvo un impacto directo en el sistema de transporte. Todos los países en desarrollo poseen diferencias económicas y sociales que interactúan con aspectos raciales (reforzados por temas étnicos) e influyen en la movilidad.

El caso más radical se presenta en Sudáfrica. De acuerdo a Cameron (1998), existe una diferencia clara en el uso de los modos de transporte por parte de las distintas etnias en Pretoria: mientras el uso del automóvil representa el 6% de los viajes de los habitantes de raza negra, ese porcentaje entre los habitantes de raza blanca asciende a 84%.

El uso del automóvil también varía en relación con otros grupos de “no blancos”, con una tasa de 37% entre personas llamadas *colored* y de 75% entre los descendientes de etnias aborígenes.

2.7 Movilidad y cultura

La movilidad aún es influenciada por normas culturales y percepciones de los medios de transporte sobre la base de tradiciones. El caso más relevante es el de la caminata en relación con el uso de la bicicleta en las ciudades de más bajos ingresos. Por ejemplo, en Hanoi (Vietnam), caminar es considerado incómodo si se

compara con la acción de andar en bicicleta, que es muy usada por personas para transportar mercancía y pasajeros.

Este ejemplo a veces refleja falta de recursos para comprar otra bicicleta, pero también está relacionado con tradiciones sociales que contribuyen al bajo peso de la población. Por otro lado, caminar es una forma de desplazamiento muy importante en Ouagadougou (Burkina Falso) (Cusset, 1997).

En algunas ciudades de África el uso de la bicicleta es una señal de pobreza, por lo que aparece como una práctica restringida o prohibida por motivos culturales (Peters, 1998) y que, de hecho, puede aumentar artificialmente el número de caminatas. Otro caso importante, aunque menos evidente, es el prejuicio en relación con el uso del transporte público, que surge a partir de diferencias en el ingreso y en las percepciones acerca del tipo de transporte “correcto” para ser usado por un grupo o clase social: ese es el caso, por ejemplo, de las nuevas clases medias con acceso a automóviles o motocicletas.

2.8 Movilidad y discapacidad física

Los portadores de discapacidad física son menos móviles por razones obvias. Mientras en sociedades más ricas tienen trato especial para garantizar sus necesidades básicas de desplazamiento (ECMT, 1999), en los países en desarrollo es raro observar algún tipo de apoyo. Sin duda, en estos países los portadores de deficiencia forman el grupo social más perjudicado en sus necesidades de movilidad y aparecen como aún más perjudicados que las personas de escasos

recursos. A ello se suman las barreras culturales impuestas por las familias que no quieren exponer en público a sus parientes portadores de discapacidad física. La discusión de cómo resolver ese problema es una de las más difíciles en términos de política de transporte y está fuertemente relacionada con el concepto de equidad.

2.9 Movilidad y estrategias de desplazamiento: presupuestos de tiempo y espacio

El análisis del tiempo que se gasta en desplazarse o “presupuesto de tiempo” (PT) es un instrumento poderoso para comprender el uso del transporte por parte de las personas y su interacción con el espacio. Estudiado inicialmente por Tanner (1961), el PT fue más tarde analizado por distintos investigadores (Zahavi, 1976; Hagestrand, 1987).

El presupuesto de tiempo varía según algunas características individuales. Cuando es medido como el tiempo que gastan las personas en sus hogares, el PT aumenta conforme el aumento del ingreso: en São Paulo, los hogares de bajos ingresos gastan 107 minutos al día, comparados con los 298 minutos/ día de las personas de altos ingresos (CMSP, 1998). Sin embargo, cuando la medición se aplica a los individuos “móviles” (que hacen viajes), el PT presenta escasa variación, cerca de 60 a 80 minutos, no importando el lugar, los medios de transporte ni el ingreso (Zahavi, 1976; Schafer, 1998).

En el Cuadro 4 se pueden observar las diferencias que se presentan en los consumos de tiempo y espacio de los habitantes de Sao Paulo de acuerdo a los

niveles de ingreso. Los motivos de esa discrepancia son distintos. Cuando los presupuestos familiares son tomados en cuenta, las familias de ingreso más alto gastan más tiempo desplazándose, demostrando que necesitan invertir “más tiempo” para garantizar su reproducción.

Ellas también invierten más en las distancias transitadas. En São Paulo, la distancia recorrida por día aumenta de 16 km para los hogares de bajos ingresos a 62 km para los hogares de altos ingresos (distancias lineales medidas en planta).

Cuando contrario a lo que pasa con el tiempo de viaje, solamente son consideradas las personas “móviles”, las distancias aumentan de acuerdo al aumento del ingreso: 12,7 km para personas de bajos ingresos y 21,8 km para personas de altos ingresos, reflejando un mayor uso de medios privados de transporte (CMSP, 1998). Estas cifras demuestran que las personas de altos ingresos usan a diario mucho más espacio vial que las de bajos ingresos.

Cuadro 4. Gastos de tiempo y espacio por ingreso, RMSP(1997)

Ingreso familiar mensual (BRL)	Tiempo consumido (min/día)	Espacio recorrido ¹ (km/día)	
0-250	107	15,8	
250-500	174	27,6	
500-1.000	232	39,9	
1.000-1.800	292	52,7	
1.800-3.600	290	57,3	
Más de 3.600	289	62,0	
General	235	42,4	

- Total
- Individual
- Colectivo
- No motorizados

Nota: ¹ Distancias “aéreas” puerta a puerta, medidas entre centros de zonas de la investigación OD.

Fuente y Elaboración: RSMP

Una explicación posible para dicho comportamiento es que las mejoras tecnológicas en los vehículos son aprovechadas por las personas para ajustar su patrón de viaje: de esta manera, “economías” en el tiempo de trayecto son aplicadas para aumentar las distancias recorridas y las personas logran mantener un presupuesto constante o creciente (Whitelegg, 1997). Uno de los aspectos se refiere a la utilidad del viaje en relación con el tiempo de viaje, que crece hasta cierto punto y luego decae.

Cuando ocurre la descentralización urbana, las personas logran desplazarse hacia sitios más lejanos para realizar el mismo conjunto de viajes, logrando más movilidad, pero no mayor accesibilidad (Tolley y Turton, 1995). Sin embargo, no hay una explicación clara acerca de por qué las personas mantendrían un gasto constante de tiempo. Marchetti (1994) propone que esto puede ser explicado antropológicamente: desde los principios de la civilización, las personas definieron un “límite natural” para andar o viajar, que es representado por la disposición física de los asentamientos urbanos, determinada por el tipo de tecnología de transporte disponible.

A pesar de haber una clara influencia de la tecnología de transporte en la cobertura espacial de una ciudad y, por lo tanto, en la amplitud de las distancias y tiempos de viaje, es una exageración afirmar que exista un “límite” antropológico.

Aunque los promedios de tiempo tiendan a mantenerse en un rango entre los 60 y los 80 minutos, existen muchas discrepancias, sobre todo relacionadas con las personas de bajos ingresos que viven en regiones urbanas periféricas en las cuales

son comunes los desplazamientos de dos horas de duración. De esta manera, es más correcto afirmar que las personas que salen de sus casas, independientemente del lugar en que vivan y del ingreso que perciban, parecen rechazar viajes muy largos (como regla general) y tienden a invertir una cantidad de tiempo en los desplazamientos diarios que varía entre una y dos horas al día.

2.9.1 Impactos

Entre los impactos ambientales de la movilidad, hay seis que deben ser observados con especial atención. Los dos primeros están relacionados con el uso de los recursos naturales.

Primero está el uso de los recursos escasos o raros, como el hierro, el látex y el plástico utilizados para construir vehículos, y los minerales, piedras y asfalto, utilizados para pavimentar caminos. Además, está el desecho de materiales, como automóviles viejos, aceites lubricantes, neumáticos y otros elementos en general, que pueden producir graves impactos ambientales de larga duración.

Los cuatro impactos finales son las llamadas “externalidades”, es decir, impactos causados por personas a personas sin ningún tipo de compensación. Bajo esa categoría existe el “efecto barrera” (perjuicio a la vida y a la circulación de peatones y ciclistas) causado por el tráfico de vehículos, la contaminación del aire y el ruido, los accidentes de tránsito y la congestión.

Cuadro 5: Impactos

Nivel	Ítem	Descripción	Variable (ejemplo)
I	Consumos	Tiempo de desplazamiento	Tiempo por persona.
		Espacio geográfico	km ² usados en la movilidad de las personas.
		Espacio vial	m ² por persona.
		Energía	Gramos equivalentes de petróleo por persona.
		Recursos financieros	Capital gastado en forma pública o individual.
II	Impactos	Efecto barrera	Intensidad de relación entre las personas.
		Accidentes	Cantidad y grado de severidad.
		Congestión	Tiempo de recorrido y contaminación adicionales.
		Contaminación del aire y ruido	Emisiones y concentración de polución y decibeles.

Fuente y Elaboración: RMCP 2001

CAPÍTULO III

3. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent Transportation Systems – ITS), están directamente relacionados a una amplia variedad de tecnologías electrónicas e informaciones basadas en comunicaciones con o sin cable.

Cuando se las integra a la infraestructura de los sistemas de transportes y a los propios vehículos, tales tecnologías poseen potencial para amenizar congestionamientos, aumentar la seguridad y la productividad de los mismos.

En el congreso Internacional de nuevos sistemas de transporte de Paris (2010) definieron al ITS como sistemas de transporte en el cual se utilizan tecnologías informáticas, telecomunicaciones y controles automáticos, organizadas de forma que ayudan a mejorar el desempeño y la productividad en el tránsito. A partir de esta definición los autores enumeran diversas áreas de aplicación dentro del espectro de los sistemas de transporte:

- Sistema Avanzado de Información al Pasajero (Advanced Traveller Information System).
- Sistema Avanzado de Gerenciamiento del tráfico o ATMS(Advanced Traffic Management System)

- Sistema Avanzado de Seguridad y Control de Vehículos o AVCS(Advanced Vehicle Control and Safety System)
- Operaciones de Vehículos Comerciales o CVO(Commercial Vehicle Operation)
- Sistema Avanzado de Transporte Público o APTS(Advanced Public Transportation System)
- Emergencia o EM (Emergency)
- Cobros electrónicos de servicios
- Seguridad

Por tratarse de una investigación científica y tecnológica que apunta a altos costos de inversión, las innovaciones más relevantes del ITS tienen origen en los Estados Unidos, Japón y Europa, siendo las principales fuentes de consulta la ERTICO (ITS EUROPE), ITS Japan (anteriormente conocida como VERTIS) y el ITS América.

Cabe recalcar, que en los Estados Unidos el gobierno, a través del Departamento de transportes (Department of Transportation DOT) ha buscado una participación cada vez más activa en los proyectos y estudios relacionados con el ITS, volviéndose así, una excelente fuente de informaciones sobre el tema.

3.1. Ertico

ERTICO (Intelligent Transport Systems and Services – Europe) es una sociedad público-privada con sede en Bruselas(Bélgica), que representa a las diversas organizaciones relacionadas con el tema de sistemas inteligentes y trabaja para hacer que la movilidad de las personas y bienes sea cada vez más barata, inteligente, segura y limpia en Europa (www.ertico.com). Fue creada en 1991, desde entonces apoya a proyectos y empresas del sector a:

- Definir las necesidades de investigaciones y estudios de desenvolvimiento, a nivel de la Unión Europea.
- Ejecutar proyectos de investigación y estudios de desarrollo financiados por el Poder Publico.
- Articular la Interface necesaria de trabajo europeo, de forma que se obtengan las mejores condiciones posibles para la implantación del ITS.
- Analizar y divulgar los beneficios del ITS entre los líderes de opinión y políticos que toman decisiones, tanto en el sector público como en el privado.

De acuerdo con la ERTICO, si se aplica de forma eficaz el ITS se puede llegar a salvar vidas, economizar tiempo y dinero, reducir la amenaza al medio ambiente y hasta mismo crear oportunidades de negocio. Según esta organización, los objetivos principales de una política de apoyo al ITS serian:

- Mejorar la seguridad en las vías
- Reducir los tiempos de viajes
- Incentivar al transporte multimodal.
- Aliviar el impacto del transporte al medio ambiente.

La ERTICO se destaca porque es una asociación entre sectores público y privado, fundamental para la implantación de una política de apoyo al ITS.

Conforme lo descrito por la Comisión of the European Communities (2001), solamente entre los años 1997 y 2000 la Comunidad Europea invirtió aproximadamente € 1 billón en estudios de desenvolvimiento tecnológico en áreas como la intermodalidad, vehículos menos contaminantes y aplicaciones de la telemática en transportes. La intención sería la intervención en áreas específicas con el objetivo de obtener un transporte marítimo y ferroviario mucho más limpio y seguro, además de integrar a todos los modos a un sistema único de transportes.

Otros intereses de la Comisión incluyen la aplicación del ITS como forma de apoyo a las políticas de desarrollo sustentable, donde “la Innovación tecnológica proporciona una excelente oportunidad para integrar los modos de transporte, optimizar sus performances, tornándolas más seguras para transformar el sistema de transporte europeo.

En este documento, Europe Action Plan (2002) apaud Comission of the European Communities(2001) , se especificó las siguientes metas para acelerar el desenvolvimiento y la implantación del ITS en los años siguientes:

- 50% de las principales ciudades europeas deberían poseer servicios de información de tráfico y viajes.
- 50% de las principales vías europeas deberían estar equipadas con sistemas de gerenciamiento de tráfico para ayudar al tráfico, la detección de accidentes y congestionamientos.

Todos los vehículos vendidos en Europa deberían estar equipados con sistemas activos de seguridad más efectivos. Por la actividad del sector privado en la ampliación de sistemas inteligentes y acción de los Estados para la remoción de los obstáculos de los mismos. El mismo documento reporta evaluaciones de impacto de implantación del ITS, citando reducciones del tiempo de viaje en hasta 20%, aumento de la capacidad de la red de transportes entre el 5% y 10%, aumento de la seguridad estimada entre 10% y 15% para colisiones por atrás entre vehículos y reducción en el número de fatalidades en accidentes de tránsito gracias a los sistemas automáticos de detección de accidentes, siendo que apenas 6% de estos accidentes no podrían ser evitados a través del uso de la tecnología.

3.2 ITS Japón

El ITS Japón está formado por representantes de organizaciones envueltas con los sistemas inteligentes, industrias, corporaciones de servicios y áreas académicas.

Trabajan en conjunto con la Agencias Nacionales de Policía y los Ministerios relacionados (Transportes; Correos y Telecomunicaciones; Construcción; Comercio e Industria Internacional), el ITS Japón promueve el desarrollo prioritario de los sistemas inteligentes.

La Sociedad de los vehículos, caminos y tráfico Inteligente (VERTIS, sigla en Inglés para el ITS Japón), fue creada en Enero de 1994 como una respuesta al crecimiento acelerado de estudios relacionados con el ITS en Europa y Estados Unidos.

Su principal objetivo es incentivar las investigaciones y desenvolver las áreas de actuación relacionadas con la implantación de proyectos, intercambio de informaciones con Europa y Estados Unidos, estandarizando especificaciones y promoviendo debates sobre los posibles usos de los sistemas inteligentes.

La definición del ITS sugerida por la organización es la siguiente: “Tales Sistemas serian una solución fundamental por varias razones, las cuales incluyen accidentes de tráfico, congestionamiento, y contaminación del medio ambiente”. El ITS proporcionaría las soluciones a través de las más avanzadas tecnologías de comunicación y control, además del intercambio de informaciones entre las personas, vehículos y vías.

Mediante la creación de las condiciones ideales de tráfico, el ITS necesitaría que no solamente el transporte por carretera sea “inteligente”, sino una gran variedad de sistemas, como el ferroviario, aéreo y marítimo.

Obviamente, la integración y cooperación entre los diversos subsistemas serian esenciales para el aumento de la eficiencia global de la red de transportes.

Una planificación básica de los japoneses en 1995 definió tres metas para los siguientes treinta años, teniendo como premisa la implantación del ITS, estimada por la propia organización. De esta forma el número de vehículos no sería afectado por la implantación a largo plazo de los sistemas inteligentes y la red vial permanecería inalterable en su totalidad. Así, las metas serían:

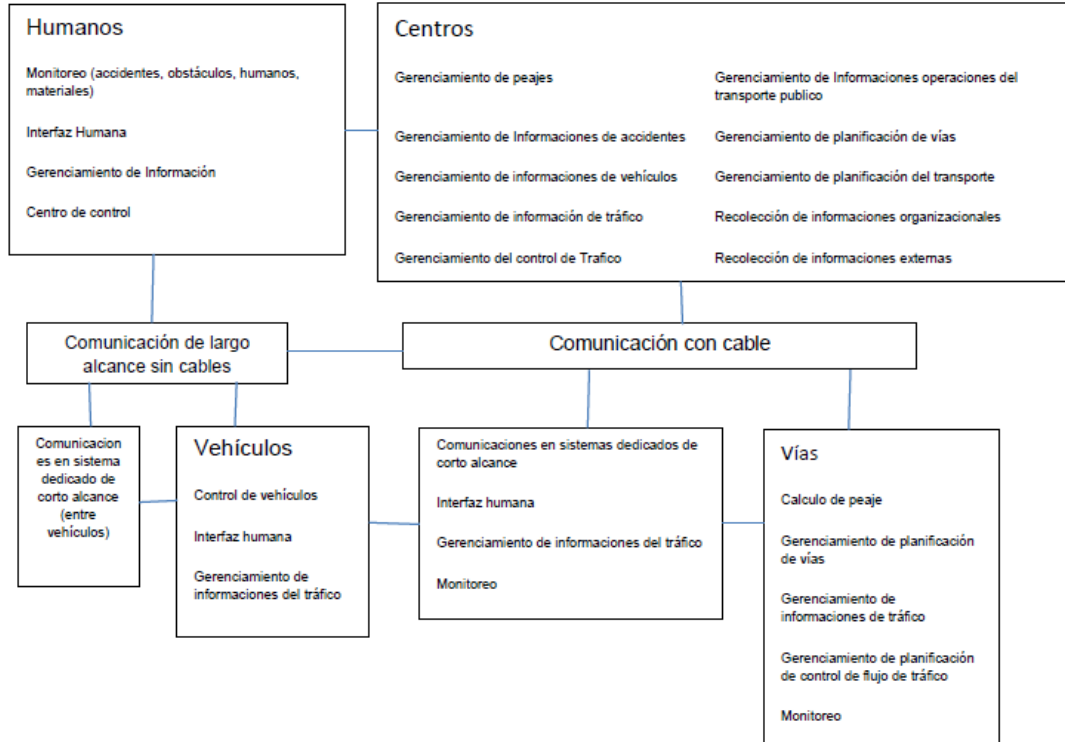
- Reducir el número de accidentes de tránsito por la mitad
- Eliminar los Congestionamientos
- Reducir el consumo de combustible de los vehículos en un 15%, y reducir las emanaciones de CO₂ en 15% y NO_x en las áreas urbanas en 30%.

Una de las grandes contribuciones de esta organización fue el mejoramiento de la Arquitectura desarrollada inicialmente en los Estados Unidos, por el departamento de Transportes (DOT). Al montar un sistema, es importante que se cree una noción común de la imagen global entre las partes relacionadas, además de promover una realización eficiente de un sistema integrado.

De acuerdo con el ITS Japón, se entiende por Arquitectura una estructura para todo el sistema que ilustre sus elementos, componentes (tecnologías y subsistemas específicos) y la relación entre los mismos, de forma que proporcione la creación y expansión de un sistema que funcione por entero.

Con el propósito de construir un sistema eficiente, y de garantizar posibles ampliaciones del mismo, bajo estándares y especificaciones nacionales e internacionales, el ITS Japón, juntamente con el gobierno y las otras representaciones ya mencionadas, desarrolló una Arquitectura ITS, conforme al Gráfico 3.

Gráfico 3. Arquitectura ITS Básica del Japón



Fuente: ITS JAPAN

Elaboración: Propia

Como una forma de evaluar los diversos proyectos acerca del uso del ITS, la organización seleccionó parámetros considerados relevantes para la realización de posibles comparaciones y análisis de resultados, presentados en el siguiente cuadro.

Este modelo básico está siendo desarrollado con el objetivo de elaborar una metodología de evaluación de beneficios y costos de los proyectos ITS

Cuadro 6-Parámetros de Evaluación de Proyectos con ITS Japanese

Parámetros de Evaluación		Descripción
Beneficio/Costo		Calcular el valor de los beneficios en términos monetarios y compararlos con los costos.
Beneficio	Eficiencia	Reducción del Tiempo de viaje Reducción de los Congestionamientos Reducción de los costos de viaje Puntualidad Aumento de la eficiencia de los transportes
	Seguridad	Prevención de Accidentes
	Impacto Ambiental	Reducción de la contaminación atmosférica Reducción de la contaminación sonora
Aceptación del usuario	Precepción de los usuarios	Reducción del Tiempo de viaje Aumento de la eficiencia de los operacional Eliminación del cansancio de los conductores
	Satisfacción del Usuario	Aumento de la Satisfacción de los usuarios Incentivo al uso de los sistemas por los usuarios.
	Facilidad del Uso	Facilidad de utilización del sistema Facilidad de comprensión del sistema
Evaluación Técnica		Identificación de los tipos de servicio y análisis de sus funciones
Análisis del mercado		Viabilidad del uso comercial del sistema y dimensionamiento de la demanda
Análisis financiera		Inversiones iníciales y costos operacionales

Fuente ITS Japón 1999

Elaboración: Propia

Esta metodología básica conforme se observa, prioriza el análisis de un conjunto mayor de beneficios adquiridos y la aceptación del sistema por los usuarios, dejando el análisis tradicional económico de la relación beneficio/costo en segundo plano. Tres parámetros fueron determinados para la evaluación de tales beneficios: eficiencia, seguridad y medio ambiente. De esta manera la evaluación de los usuarios debe ser valorada de acuerdo con:

- El grado con el que realmente los efectos tangibles serán percibidos.
- El nivel de satisfacción de los usuarios
- Las mejorías deseadas después de la implantación del sistema

La metodología propone la elaboración de un cuestionario único para que los resultados se presenten más consistentes entre las diversas áreas de aplicación del ITS.

En cuanto a las áreas de aplicación del ITS, estas serian nueve:

a. Desarrollo de los Sistemas de Navegación

Tiene por objetivo brindar informaciones a los usuarios para que puedan planificar sus desplazamientos, o adaptarlos durante su realización, de la manera más eficiente posible. Para eso es necesario:

- Informaciones para orientar rutas y vehículos
- Informaciones relativas de los puntos de origen y destino.

b. Cobro de Peaje Electrónico

A través de la automatización, el cobro de peajes se vuelve posible, al reducir los costos administrativos y eliminar los congestionamientos en las cacetas de pago.

c. Asistencia para una conducción segura.

Consiste en la utilización de diversos sensores capaces de dar información tanto de los vehículos, como de las vías, posibilitando el envío de alertas conforme el grado de peligro de la situación en la que los usuarios se encuentran. Los principales subsistemas deberían garantizar:

- Proveer Informaciones relativas al manejo de los vehículos y la situación de las vías.
- Alerta de peligro
- Asistencia al manejo de vehículos
- Sistemas automáticos en carreteras
- Sistemas avanzados de asistencia al manejo de vehículos en vías especiales

d. Optimización del Gerenciamiento de Tráfico.

Esta optimización busca permitir una actuación más efectiva de los órganos gestores en el gerenciamiento del tráfico, sea para la reducción de los congestionamientos o para la capacidad de aplicar medidas que amenicen el impacto de eventos como accidentes y operaciones especiales de tránsito

e. Aumento de la Eficiencia en el gerenciamiento de las vías.

Este aumento de la eficiencia estaría volcado a la ganancia de fluidez de los vehículos en la red viaria, a través de la identificación de condiciones de las vías y de la localización de vehículos. Con el uso de sistemas electrónicos se vuelve posible una localización más dinámica de los vehículos en la red, posibilitando a los conductores la utilización de rutas más adecuadas para que puedan llegar a su destino reduciendo los costos asociados a los congestionamientos.

Cabe a los órganos gestores la implantación de sistemas capaces de efectuar las siguientes actividades:

- Mejoramiento de las operaciones de mantenimiento
- Gerenciamiento de vehículos comerciales de circulación
- Proveer informaciones sobre el peligro en las vías.

f. Apoyo al Transporte Público

El apoyo debe ser dado de forma que permita la toma de medidas que hagan el transporte más flexible, con horarios adecuados a las necesidades y conveniencias de los usuarios. Todas las informaciones, incluyendo la situación de las operaciones, ocupación de los asientos, tarifas, impuestos, disponibilidad de estacionamientos y facilidades en los transportes públicos (terminales, estaciones, etc.) deben ser distribuidas con el objetivo de optimizar el uso del sistema.

La información debe ser distribuida para las oficinas, vehículos, equipos portátiles, terminales, puntos de paradas y centros de servicios, Además, para aumentar las facilidades del transporte público con una operación más segura y de gran

eficiencia administrativa, la operación debe contar con la recolección de datos en tiempo real, enviándolas a las empresas operadoras de los vehículos como un banco de datos básico. En síntesis los sistemas inteligentes para el transporte público poseen los siguientes objetivos:

- Proveer informaciones
- Optimizar el gerenciamiento de todos los elementos relacionados, como terminales y vehículos

g. Aumento de la eficacia Operacional de vehículos comerciales.

El mejoramiento de la eficiencia logística de cargas depende de la recolección dinámica de las informaciones tanto de los vehículos, cuanto de las vías, además de la implantación de centros logísticos automatizados, etiquetas electrónicas (tags) para identificaciones y localización de la carga y la comunicación con el órgano gestor de tránsito, de tal forma que pueda impedir que los vehículos comerciales puedan generar impactos significativos sobre el tránsito local.

h. Apoyo a los peatones

La utilización del ITS en beneficio de los peatones tiene como meta la seguridad y la movilidad. Con el incentivo del transporte sustentable, en lo que se refiere a seguridad, esta pueda ser dada a través de equipos embarcados en los vehículos (sistemas de detección de obstáculos).

La movilidad de los peatones es de vital importancia, principalmente en áreas centrales urbanas que presentan dislocamientos de corta distancia. El uso de

sistemas inteligentes para controles semafóricos de intersecciones y orientaciones de rutas busca reducir el tiempo perdido tanto para los viajes a pie como para los viajes motorizados. Los dos puntos principales de apoyo al peatón engloban:

- Orientaciones de rutas para peatones
- Sistema de detección y prevención de accidentes entre vehículos y peatones.

i. Apoyo para Operaciones de Vehículos de Emergencia.

Para proporcionar actividades de rescate, auxilio rápido y adecuado después de un accidente o desastre. Los sistemas inteligentes existentes en el centro de control de operaciones del organismo gestor del tránsito, notificarán automáticamente a los servicios de emergencia, enviando informaciones tales como el local del evento y rutas más rápidas para el atendimento.

El ITS Japón se reafirma cada vez más como la mayor organización de estudios y normalización de sistemas inteligentes en el mundo, principalmente por ser constituida tanto por los órganos públicos como por los privados. Esta integración permite una mayor eficacia en el desarrollo de soluciones, las mismas que han sido elaboradas con discusiones previas de representantes de iniciativa privada y la sociedad.

3.3 ITS Joint Program (EUA)

En 1991 el Intermodal Surface Transportation Efficiency Act de los Estados Unidos estableció un programa federal para la investigación, desarrollo, pruebas operacionales y promoción de la implantación del ITS, denominado ITS Deployment Program.

El programa fue elaborado para facilitar la utilización de la tecnología para el aumento de la eficiencia, seguridad y conveniencia del transporte de superficie, resultando en el mejoramiento de la accesibilidad, ahorro de tiempos, además de la ampliación de la productividad.

Después del año 2005 el ITS Deployment Program fue desaparecido por el gobierno americano y en su lugar fue creado el ITS Joint Program , del departamento de Transportes de los Estados Unidos(USDOT), cuyos objetivos serian mantenidos del programa base y pasarían a incluir el entrenamiento y la instrucción de la tecnología en las áreas de vehículos inteligentes, gerenciamiento avanzado de tráfico, operaciones con vehículos comerciales, seguridad pública, informaciones a los pasajeros y transporte de carga intermodal.

Actualmente, el USDOT analiza estudios para verificar la existencia de otras oportunidades en las cuales el ITS podría ser aplicado de manera que pueda obtener un mejoramiento significativo en la movilidad, seguridad y crecimiento económico en el área de transportes.

Según esta organización, los sistemas inteligentes de transporte comprenden el uso de una vasta gama de informaciones, basadas en comunicaciones con o sin cable y tecnologías electrónicas para el mejoramiento de la seguridad, movilidad y productividad en el transporte. Cuando se integra la infraestructura de los transportes en los vehículos, estos pueden aliviar congestionamientos y optimizar el sistema.

El USDOT considera que el ITS está dividido en sistemas inteligentes de infraestructura y sistemas inteligentes en vehículos, subdivididos en base al tipo de tecnología y función, conforme pude ser visto en el Anexo I, al final de estas tesis.

Los cuadros 7 y 8 que se presentan a continuación son una clasificación al objeto de esta tesis, los cobros automáticos y el transporte público.

Cuadro 7 – Subsistemas de Gerenciamiento de Transporte Público

Infraestructura Sistemas de Gerenciamiento de Trafico	
Subsistemas Principales	Subsistemas Específicos
Seguridad	Vigilancia a bordo de vehículos
	Vigilancia de Facilidades
	Acreditación de Funcionarios
	Sistemas de desactivación remota
Gerenciamiento de la Demanda de Transportes	Transporte Solidario
	Rote amiento dinámico
	Coordinación de Servicios
Gerenciamiento de Flotas	Localización automática y sistema de despacho computarizados de vehículos
	Mantenimiento
	Planificación
Diseminación de Informaciones	Sistemas a bordo de vehículos
	Sistemas en terminales y calzadas
	Sistemas sin cables, por teléfono
	e internet

Fuente :USDOT

Elaboración: Propia

Cuadro 8-Subsistemas de Cobro Electrónico.

Infraestructura- Sistemas de Cobro Electrónico	
Subsistemas Principales	Subsistemas Específicos
Cobro de Peaje	No existen
Boletos electrónicos en el Transporte Publico	No existen
Cobro electrónico en estacionamientos	No existen
Sistemas de Pago Multiuso	No existen

Fuente: USDOT

Elaboración: Propia

Cabe recalcar que esta división propuesta no implica una estandarización de los tipos de sistemas existentes ni representa todas las tecnologías disponibles, aun menos las necesidades de cada país. Sin embargo se la puede utilizar como base del desarrollo de una Arquitectura ITS adecuada la realidad de cada región.

Con esa jerarquización de los varios subsistemas específicos, se puede ver claramente la preocupación del Departamento de Transportes de los Estados Unidos en orientar el desarrollo de nuevas tecnologías teniendo como directrices los objetivos inherentes de cada equipo. También se observa a través de los estudios levantados que existe un gran esfuerzo por armar un banco de datos capaz de brindar insumos para la planificación y la implantación del ITS en el país.

CAPÍTULO IV

4. SISTEMAS DE COBRO ELECTRÓNICO EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

Siguiendo la clasificación ITS presentada por la USDOT, los boletos electrónicos hacen parte del Sistema de Cobro, compuesta por elementos de infraestructura a bordo de los vehículos.

El objetivo del AFC es la automatización del cobro de la tarifa, la misma esta hecha a través de la interacción entre un cobrador y los usuarios, posibilitando la reducción de los costos, aumento de la seguridad y mejoría de la calidad del servicio.

Este sistema de boletos consiste, básicamente en el uso de dispositivos electrónicos o magnéticos para el gerenciamiento de los créditos de viajes realizados por los usuarios del sistema de transporte colectivo.

En el interior de los vehículos es instalada una lectora, que procesa las informaciones contenidas en estos dispositivos, liberando el bloqueo en el caso de consistencia y validez de las informaciones y debitando un crédito de viaje en el boleto del usuario

Después del retorno del vehículo al garaje, todas las informaciones contenidas en la lectora son transmitidas a una central de procesamiento donde es realizada la contabilidad final, para efecto de distribución entre las empresas o miembros que componen el sistema.

Cuando se terminan los créditos de los boletos, los usuarios pueden recargarlos en puestos de venta autorizados (para el caso de los boletos recargables) para comprar nuevos pases (para el caso de los dispositivos descartables).

Los componentes básicos del sistema de boletos electrónicos son:

Lectoras Dispositivos electrónicos de verificación de la autenticidad de los boletos y cobro de la tarifa: el tipo de lectora y su forma de utilización varía de acuerdo al tipo de boleto a ser utilizado

Bloqueo de mecanismo para la retención de usuarios durante el proceso de cobro efectuado por la lectora

El boleto contiene un determinado número de informaciones, variando de acuerdo a la tecnología utilizada. Boleto más complejos permiten la inclusión de diversas informaciones, como las necesarias para la operación integrada de los modos de transporte.

4.1 Tipos de boletos y lectoras:

Los boletos pueden ser clasificados de acuerdo a su forma y tecnología, presentando así una gran diversidad. Como las lectoras están directamente relacionadas a los boletos, también poseen diversos tipos de sistemas:

De acuerdo con consultas a empresas y fabricantes internacionales de los equipos, los boletos son fabricados de la siguiente manera:

4.1.1 Edmonson

Posee un formato rectangular longitudinal, con dimensiones estandarizadas (30x66x0.25mm), normalmente consisten en un pedazo de papel grueso que contiene una cinta con tecnología magnética.

4.1.2 ISO

Posee un formato rectangular estandarizado, se parece a una tarjeta de crédito, es elaborado en variaciones de papel plastificado, plástico, PVC o variantes muy similares

Utilizado en varias tecnologías como tarjetas inductivas, resistivas, magnéticas micros procesados o inteligentes.

4.1.3 Button

Consiste en un cilindro metálico aplastado en forma de moneda o botón, posee en su interior memorias micros procesales.

4.1.4 Otros

Variaciones de los formatos descritos, especialmente similares a los boletos EDMONSON, en cuanto a la tecnología utilizada, los mismos pueden ser de los siguientes tipos:

4.1.5 Inductivos y Resistivos

Estos boletos no almacenan ni transaccionan (en nivel de bites) informaciones alfanuméricas. En las versiones más elaboradas portan micro fusibles que son quemados por cada utilización. Son usados para aplicaciones simples, de tarjeteo unitario y de múltiples viajes no permiten su reutilización. También no aportan para la integración personal.

4.1.6 Magnéticos

Boletos magnéticos que poseen La capacidad para almacenar y transaccionar informaciones alfa-numéricas, con capacidad de almacenamiento intermediaria (usualmente hasta 128 bites, pudiendo llegar a 512). Pueden ser fabricados en baja o alta conectividad, para evitar interferencias magnéticas que puedan comprometer la consistencia de datos almacenados.

Su estructura de sistema permite que compartan informaciones integrales, temporales, y espaciales, limitadas a su capacidad de almacenamiento .Son reutilizables, pero tienen durabilidad menor que las tarjetas inteligentes y son más sensibles a agentes externos.

4.1.7 Inteligentes

Los atributos de los boletos inteligentes pueden ser comparadas a los magnéticos, pero con mas capacidad para almacenar aumentada en hasta 2kb para el tipo "con contacto" y hasta 8kb para el tipo "sin contacto".

Los boletos inteligentes cargan un microchip, generalmente compuesto por un microprocesador (con un substancial nivel de procesamiento) y una memoria.

Son, por lo tanto más adecuados los esquemas complejos, como la integración temporal y espacial. Se diferencian, en la forma que la memoria realiza el contacto y la transacción con las lectoras.

Boletos Inteligentes con contacto necesitan ser inseridos en la lectora y conectarse a ocho puntos existentes en las propias lectoras. Después de establecida la conexión, el boleto recibe la energía de la lectora y puede, por lo tanto realizar la transacción. Este contacto no puede ser interrumpido durante la transacción, debido

a este motivo la mayoría de empresas de transporte colectivo adoptan los boletos sin contacto.

Boletos inteligentes sin contacto necesitan ser pasados o colocados cerca de las lectoras. El intercambio de informaciones se realiza a través de ondas de radio y antenas existentes tanto en los boletos cuanto en las lectoras, eliminando el problema de la lectura debido a movimientos del bus en pavimentos irregulares, como puede ocurrir en el caso de los boletos con contacto. El campo de proximidad es regular, normalmente varía entre dos y diez centímetros.

Boletos inteligentes de proximidad son similares a los del tipo "sin contacto", con la diferencia que el campo en el cual son reconocidos por la lectora es más amplio: la distancia para el cambio de informaciones entre ambos es usualmente cerca de un metro pero puede superar esta medida.

Recientemente, la industria de boletos con microchips, lanzo los combi-cards, que muchos técnicos afirman que será la tecnología del futuro en materia de cobro electrónico. Los combi-cards pueden ser validados por equipos con o sin contacto, permitiendo la interfaz de los sistemas de transporte público que utilizan boletos inteligentes sin contacto con los servicios bancarios automatizados. La ciudad Valenciennner, en Francia es la pionera en la adopción de este tipo de tarjeta.

4.1.8 Button

También conocidos como memoria de contacto, con capacidad de 64kb, posee una cubierta metálica y aparenta ser una moneda o botón.

La transacción es realizada a través del contacto entre las superficies metálicas del Button y de La lectora, con un mínimo del 15% de las áreas conectadas y sin exigir posiciones específicas. Este boleto presenta mayor resistencia contra los agentes externos.

Los tipos de lectoras existentes siguen consideraciones relacionadas a los procedimientos necesarios para que el boleto pueda ser reconocido por las mismas y sus informaciones sean validadas.

4.1.9 De arrastre

Son lectoras que contienen un camino o ranura por el cual la tarjeta debe ser pasada con determinada banda y velocidad para ser procesada, siendo aplicable en los casos de reconocimiento de rieles magnéticos. El ejemplo más común son las lectoras de los terminales de tarjetas de crédito o débito utilizadas en el sector bancario.

4.1.10 De inserción con conducción interna

Estas lectoras exigen que la tarjeta sea insertada y a partir de este punto, conducen a la misma para su posición de reconocimiento y procesamiento del riel magnético, con mecanismos propios. Es el caso de las lectoras de boletos del tipo Edmonson, siendo aplicada también en magnéticos formato ISO.

Se enfatiza que esta conducción es referente solamente a la lectura, una vez que estas lectoras poseen mecanismos de conducción para devolver boletos de uso múltiple. Existen lectoras capaces de virar, en su interior los boletos inseridos incorrectamente por los usuarios. Los defectos ocurridos en tales mecanismos conductores constituyen su mayor defecto.

4.1.11 De inserción sin conducción

Para este tipo de lectora el usuario de tarjeta es responsable de insertarla directamente y de la forma correcta para que proceda con la transacción. Es utilizada específicamente para las tarjetas inteligentes sin contacto. Aunque sean procesos distintos, la lectora de tarjetas inductivas resistivas también funcionan de esta manera, así como las lectoras de boletos tipo Button

4.1.12 De aproximación

Esta lectora es dotada apenas de una memoria micro-procesable asociada a una antena, teniendo como única exigencia la necesidad de que el boleto sea aproximado a su campo de ondas. También debido a la necesidad de que el propio boleto posea una antena, estas lectoras están asociadas a los inteligentes sin contacto.

GAWLEY (2004) realizó un levantamiento de los principales sistemas de cobro electrónico en Europa, detectando el predominio del uso de boletos inteligentes con o sin contacto. La precisión de las informaciones brindadas por fabricantes y

operadores, consideran que estos boletos presentan las siguientes ventajas y desventajas que son presentas en el siguiente cuadro.

Cuadro 9 Principales Sistemas de Cobro en Europa

Tipo de boleto inteligente(tarjeta)	Ventajas	Desventajas
Con contacto	<ul style="list-style-type: none"> Precio relativamente bajo 	<ul style="list-style-type: none"> Necesita ser inserido en la lectora
	<ul style="list-style-type: none"> Varios distribuidores 	<ul style="list-style-type: none"> La transacción puede ser interrumpida por contactos inestables, movimientos
	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del costo a través de la producción en masa 	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste de los contactos
	<ul style="list-style-type: none"> Estandarizado por la ISO 	<ul style="list-style-type: none"> uso restringido al sector transporte
	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología adoptada por otros sectores(bancario por ejemplo) 	
Sin contacto	<ul style="list-style-type: none"> uso simplificado 	<ul style="list-style-type: none"> uso todavía restringido
	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de validación corto 	<ul style="list-style-type: none"> Costo superior al tipo sin contacto
	<ul style="list-style-type: none"> Alta durabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Todavía no normalizado
	<ul style="list-style-type: none"> La lectora se adapta mejor a la situación del embarcado. 	

Elaboración: propia

Fuente: Wallace

En relación a las lectoras COBAIN(2004) ,considero que los costos de adquisición y mantenimiento deben ser considerados incluso durante la fase propuestas del tipo de boleto a ser usado, pues ambos están relacionados, tal comparación esta presentado en el siguiente cuadro.

Cuadro 10 .Relación entre lectoras

Tipo de Lectora	Costo de adquisición	Costo de mantenimiento
Edmonson/Magnética	Mayor	Mayor
Inteligentes c/ contacto	Menor	Intermediario
Inteligentes s/ contacto	Intermediario	Menor

Elaboración: propia

Fuente: Wallace

Se debe enfatizar, que a medida que aumenta la producción y el surgimiento de nuevas tecnologías, ocurren aspectos que tienden a variar de forma significativa, siendo necesaria una nueva evaluación de los atributos de cada sistema.

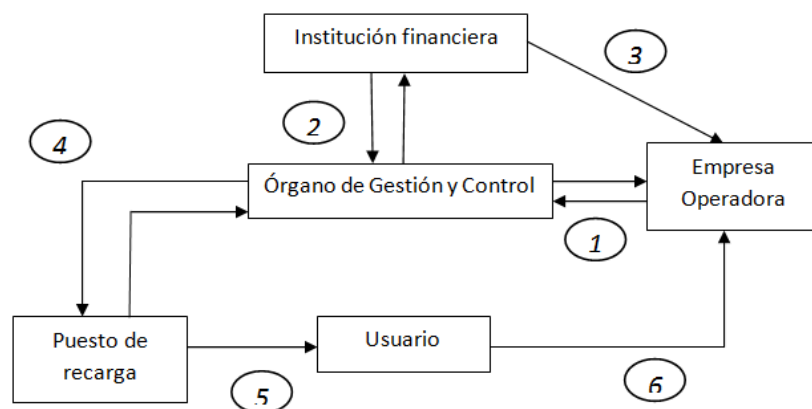
4.2 Lógica de Operación del Sistema

Se observo que para la implantación efectiva del sistema de cobro electrónico, es necesaria la creación de una arquitectura de operación englobando todas las etapas del proceso, desde la compra del boleto por el usuario hasta el recaudo del valor de la tarifa por las empresas operadoras.

Las diferencias entre las arquitecturas existentes se deben básicamente, al modelo del sistema de transporte público en cada región, o sea, los factores como operación pública o privada del transporte colectivo, cantidad de empresas, nivel de integración (intra o intermodal) y tipo de tecnología de boletos electrónicos, influyendo significativamente las arquitecturas en cuestión.

A pesar de esto se observa la repetición de determinadas estructuras y relaciones entre las mismas, pudiendo considerarse que existe una arquitectura de operación básica, en la cual a partir de ella se puede desarrollar lógicas más simples o más complejas de acuerdo a las características específicas de cada región, como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 4. Lógica de Operación



Fuente: Wallace

En cuanto al órgano de gestión y control, se debe destacar que puede ser compuesto por las diversas operadoras como en el caso metro vía de Guayaquil, el caso de operación que puede ser efectuada por una única empresa. De esta manera se tiene las siguientes opciones de composición de este órgano:

- Público
- Privado
- Público y privado

Obviamente, cuando se considera una composición 100% privada se está refiriendo solamente a la operación del sistema de cobro electrónico, ya que las operadoras están subordinadas a la legislación y al reglamento en vigor.

Las relaciones de interdependencia representadas por números son referentes al intercambio de información y flujo de capital, conforme en siguiente cuadro:

Cuadro 11. Relaciones de interdependencia entre los Órganos

Relación	Origen	Destino	Descripción
1	Órgano de gestión y control	Empresa Operadora	Informaciones de los usuarios y validez de los boletos
1	Empresa Operadora	Órgano de gestión y control	Informaciones sobre usuarios y operación
2	Órgano de gestión y control	Institución Financiera	repase de la recolección total arrecada en los puesto de recarga
2	Institución Financiera	Órgano de gestión y control	informaciones gerenciales y financieras
3	Institución Financiera	Empres Operadora	repase parcial de la recolección total para cada empresa operadora
4	Órgano de gestión y control	Puesto de Recarga	Validación de boletos, valores de tarifa
4	Puesto de Recarga	Órgano de gestión y control	repaso del dinero recaudado
5	Puesto de	Usuario	Venta de los boletos y atendimento

	Recarga		primario a los usuarios
6	Usuario	Empresa Operadora	utilización de los boletos en los vehículos

Elaboración: propia

Fuente: Wallace

Para ilustrar mejor este proceso, se considera como punto de partida un usuario que posea el boleto electrónico cargado. Al usar este boleto en el vehículo o el terminal (6), la lectora registra el pasaje. Después de que el vehículo termina su operación, se hace la captación de las informaciones contenidos en las lectoras de todas las empresas operadoras y éstas son enviadas al Órgano de gestión y control (1), este último a su vez, retorna el porcentual del dinero pertinente a cada empresa operadora (1), determinada por la política tarifaria adoptada en el sistema de transportes.

Al mismo tiempo el Órgano de Gestión y Control informa a la institución financiera, cuanto del dinero deberá ser repasado a cada Empresa operadora (2 y 3). Al utilizar todo el crédito contenido en su boleto, el usuario retorna al puesto de recarga, que irá a vender nuevos créditos (5), informar sobre la venta al Órgano de gestión y Control y recibir instrucciones de este último en cuanto a la validez de boletos (4), tanto de usuarios comunes cuanto de parciales o integrales.

Este cuadro, sintetiza las principales actividades envueltas en el proceso. En la realidad, estas relaciones varían de acuerdo con la arquitectura desarrollada para el sistema de boletos electrónicos en cada caso, pero la lógica básica permanece. El que se observa es la inclusión de elementos intermediarios mas especializados o

de control entre las relaciones presentadas, como un departamento de gerenciamiento de boletos.

4.2.1 Consideraciones sobre el Sistema de Cobro Electrónico

Además de la caracterización del sistema de boletos electrónicos es necesario también inserir que el AFC dentro de una estructura jerárquica del ITS, es fácil de comprender, dado al montaje de la tecnología envuelta que hace posible la agregación del valor al propio sistema en cuestión, como por ejemplo:

- Asociación AFC con el AVL (sistema de Localización Automática de vehículos), permitiendo que se mantenga un monitor amiento de la cantidad de pasajeros embarcados/desembarcados en cada punto de parada.
- Asociación del AFC con el ATMS (sistema avanzado de gerenciamiento de trafico), permitiendo la priorización del transporte público sobre el privado.

Estos son dos ejemplos de cómo integrar los diversos subsistemas para el aumento de la eficiencia operacional de la red de transportes, lo que posibilita la obtención de beneficios no solamente para los usuarios del mismo, sino para toda la sociedad al mejorar la calidad de vida urbana.

CAPÍTULO V

5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE

En el análisis de los proyectos de transporte, es necesario considerar dos conjuntos de impactos:

- Directos: que se ocasionan a los usuarios en general que se benefician de las mejoras hechas
- Indirecta, causadas a los no usuarios que son los efectos socioeconómicos de la comunidad debido a la implementación del proyecto

Hay una gran dificultad en la estimación del valor de los efectos indirectos y por lo tanto sus costos y beneficios no siempre se pueden comparar con el directo.

Dada la dificultad de obtención de recursos no todos los proyectos que interesan a los ciudadanos se pueden hacer. Las decisiones deben tomarse, teniendo en cuenta la cantidad de recursos disponibles y la forma de asignarlos de la manera que mejor se adapte a los objetivos y necesidades de la comunidad.

Hay algunos aspectos que se deben tomar en consideración para la forma que se debe hacer un método de evaluación de proyectos. Para el caso que se proponga, es decir, cuando y como el ITS es beneficioso para aumentar la movilidad urbana.

Aquino (1975) sugiere un método para la estimación de dichos beneficios los cuales observamos en los siguientes puntos:

- Permitir analizar la viabilidad económica de los proyectos, tratando de mostrar su rentabilidad económica

- Permitir analizar los impactos económicos y sociales a los usuarios y no usuarios del sistema de cobro electrónico
- Permitir la evaluación de los proyectos a largo plazo
- Permitir la realimentación de los datos cuando sea necesario
- Existe la posibilidad de datos para su aplicación
- No ser demasiado cara para el órgano que lo esté usando

El número de variables de un estudio de viabilidad debe ser lo más extenso posible, pero esta longitud varía con la profundidad y la precisión que se pretenda en un examen. Las siguientes figuras muestran los efectos del aumento en el número de variables que intervienen en la fiabilidad de la decisión, el costo para la obtener una decisión, y finalmente la facilidad de obtener una decisión. Para este caso, se entiende como confiabilidad al grado de certeza que los objetivos previamente definidos sean alcanzados con una decisión.

Gráfico 5: Confiabilidad de una decisión en Transportes en función del número de variables envueltas.

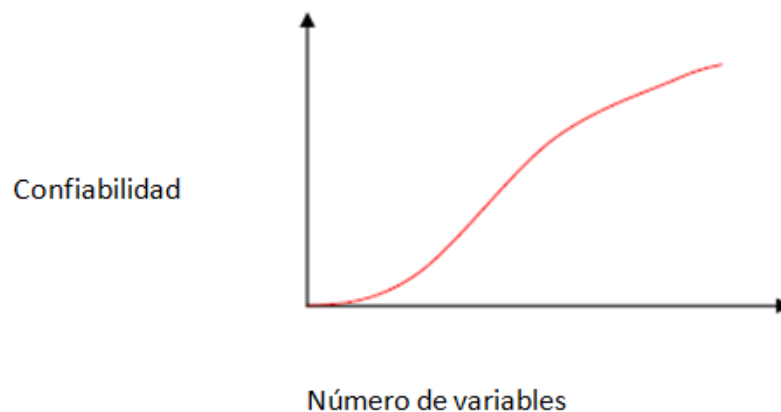
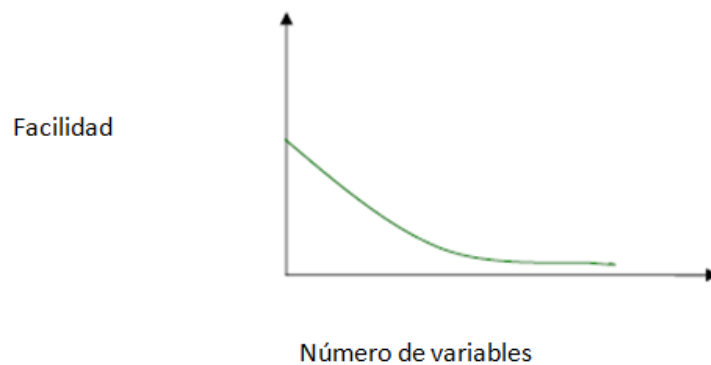


Grafico 6: Costo de una decisión en transportes en función del Número de Variables envueltas



Grafico 7: Facilidad de Obtener una decisión en función del número de variables envueltas

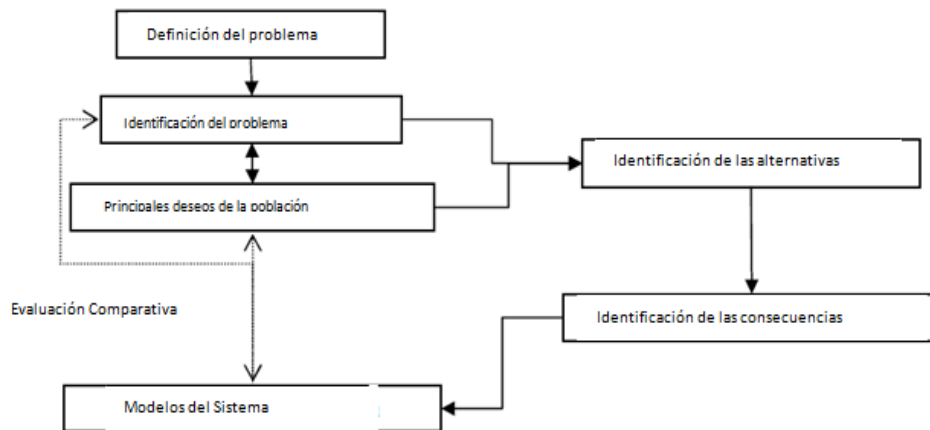


Llegamos a la conclusión, por lo tanto, que la búsqueda del equilibrio entre el número de variables a considerar en el análisis de los proyectos sistémicos y una mayor precisión en la decisión es fundamental para una estimación razonable de los beneficios potenciales.

Para el análisis sistémico se entiende una colección de técnicas analíticas aplicadas en una secuencia lógica para poder determinar las consecuencias de cambiar ciertas variables dentro del sistema, en otras partes del mismo, o incluso

en el medio ambiente que lo rodea. Tal análisis se rige por la lógica mostrada en el siguiente gráfico:

Grafico 8: análisis sistémico



Fuente: Wallace

5,1. Modelos de Evaluación de Proyectos

Son presentados a continuación algunos de los métodos de mayor aplicación en el análisis de los proyectos de transporte. Todos ellos se basan en cálculos de costos de operación, costos de conservación y algunas veces en otros costos cuantificables monetariamente que, calculados antes y después de la implantación del proyecto, darán la reducción de costos que pasaran a ser los beneficios directos, estos beneficios serán comparados con los costos de la nueva alternativa para determinar la viabilidad de la implantación misma.

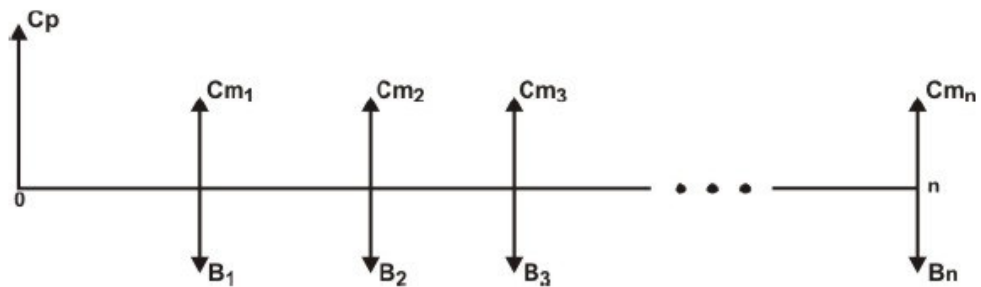
a) Método del Valor Actual

Es un método usado por los economistas para análisis de proyectos comerciales. Se basa en calcular la menor tasa de retorno atractiva para aquel tipo de proyecto,

el valor actual de los beneficios y los costos en los diversos años de vida útil del proyecto, COHEN (2000).

Así, para los costos y beneficios presentados en la siguiente figura, se tiene:

Costos y Beneficios de un Proyecto a lo largo de su vida Útil.



Donde:

C_p – costo total del proyecto reducido al año cero, o sea, la de abertura.

B_j – beneficios directos anuales

C_{mj} – costo anual de mantenimiento del sistema

n – vida útil del proyecto

i – tasa mínima atractiva de retorno

Siendo así, el valor actual (VA) será la diferencia entre todos los beneficios obtenidos durante la vida útil del proyecto y los costos equivalentes (implantación y mantenimiento), siendo representado por la siguiente expresión matemática:

$$VA = -Cp + \sum_{j=1}^n (B_j - Cm_j) (1+i)^{-j}$$

Ecuación 1

De esta forma, se considera la alternativa viable si $VA > 0$. En el caso de análisis comparativos entre diversas alternativas la más viable sería la que presente el mayor valor actual.

b) Método de la Tasa Interna de Retorno

Según COHEN (2000), en este método se busca encontrar la tasa “i” que torne el valor actual del proyecto igual a cero y comparándola, a seguir, con la tasa mínima de atraktividad de capital en función del tipo de proyecto que este analizándose, basándose en los prestamos que serán pretendidos para la ejecución de un programa de inversiones, o sea:

$$\sum_{j=1}^n b_j (1+i)^{-j} - \sum_{j=1}^n Cm_j (1+i)^{-j} - Cp = 0$$

Ecuación 2

Donde:

Cp – costo total del proyecto reducido al año cero, o sea, de abertura.

B_j – beneficios directos anuales

Cm_j – costo anual de mantenimiento del sistema

n – vida útil del proyecto

i – tasa interna de retorno (TIR)

En un análisis de viabilidad económica se debe tener $i > i_{min}$. En el caso de análisis comparativos entre diversas alternativas, se debe analizar no solo la tasa interna de retorno de cada una, sino también la tasa de inversión incremental. Tal tasa deberá ser mayor que la mínima de atractividad, denominada costo de oportunidad del capital.

c) Método del Beneficio-Costo

En este método la relación abierta sobre costo debe ser mayor que 1, siendo que por beneficios se entiende al valor actual de los beneficios anuales calculados con una tasa igual al costo de oportunidad del capital, COHEN (2000). Tal método posee dos enfoques diferenciados, presentando resultados divergentes.

$$\frac{B}{C} = \frac{VA(B) - VA(C_m)}{VA(C_p)}$$

Enfoque 1

Ecuación 3

Donde:

VA (Cp) – costo total do proyecto reducido al año cero, o sea, de abertura

VA (Cm) – valor actual (en el año cero) de los costos anuales de mantenimiento del sistema

VA (B) – valor actual de los beneficios directos anuales

O sea, se coloca todos los flujos de caja respectivos en el numerador y la inversión del capital en el denominador.

El segundo enfoque fue presentado por la Association of State Transport and Highway Officials (AASTHO), siendo ampliamente utilizada y representada por la siguiente expresión matemática.

$$\frac{B}{C} = \frac{VA(B)}{VA(Cm) + VA(Cp)}$$

Enfoque 2

Ecuación 4

Como forma de comparar diversas alternativas del proyecto, se desarrolló la relación B/C incremental, cuya lógica sería verificar el adicional de beneficios obtenidos en función de los costos adicionales necesarios para tal obtención. O sea, para alternativas con relación B/C > 1, verificándose la viabilidad de las alternativas que no necesariamente posean los mayores beneficios, pero que puedan mostrarse más ventajosas debido a los posibles costos inferiores.

d) Consideraciones Generales sobre los Métodos de Evaluación de Proyectos

La gran dificultad en la utilización del método beneficio-costos es el cálculo del valor actual de los beneficios y los costos debido a la necesidad de determinarse la tasa de interés para la actualización de estos valores, pues lamentablemente con frecuencia se desconoce el costo oportunidad del capital y solo se puede determinar con un considerable margen de error.

En el análisis de proyectos por el método de la tasa interna de retorno y por el método del valor actual, cuando los resultados obtenidos divergen, se debe optar

por los obtenidos en el segundo, repitiéndose la dificultad de determinarse el costo oportunidad del capital para el valor actual.

Según FARO(1971), en evaluaciones individuales los métodos del valor actual, beneficio-costo y TIR presentan resultados equivalentes lo que no ocurre en la comparación de proyectos alternativos, cuando se vuelve necesario la utilización de la TIR y beneficio costo incrementales.

El método de la tasa interna de retorno tiene también la restricción de uso, cuando se traten de proyectos con vida útil y series cronológicas de beneficios diferentes, además de eso, el método no analiza el total del capital a ser invertido, pero apenas su rentabilidad.

Todos los métodos presentan fallas en un gran punto de importancia: calculan los costos y beneficios sin preocuparse con otros impactos causados por el proyecto y que deberían ser analizados en un estudio de viabilidad.

Por esto es necesario utilizar un método de evaluación de proyectos que permita analizar un mayor número de variables y no apenas monetariamente cuantificables, ya que muchas veces las ganancias de unos son las pérdidas de otros.

Por estos motivos se pretende proponer dos líneas de evaluación, además del análisis técnico de los sistemas ITS con vistas al aumento de la movilidad urbana.

Un método que permita incluir los impactos no monetarios cuantificables.

En este caso se sugiere la utilización del Método Costo-Eficacia, como será presentado de forma que se incluya el mayor número de variables que ira a llevar a una decisión que atienda de una manera más adecuada, las metas de la comunidad y el gobierno.

Específicamente para la evaluación de los impactos del sistema de cobro electrónico, sobre la movilidad, la metodología sería aplicada comparándose dos alternativas; nada por hacer (operación convencional) y utilización del ITS.

5.2 Metodología Costo-Eficacia

Conforme lo mencionado anteriormente, la necesidad de un método de evaluación más amplio en cuanto a las variables a ser analizadas con una serie de enfoques desarrolladas, entre ella la del Costo-Eficacia. La principal ventaja de este método esta en el hecho d que permite un análisis también de los efectos no económicos de los proyectos del transporte.

Además, el método no necesita para su utilización de una alternativa para comparar reducciones de costos, pudiendo trabajar con los valores obtenidos en cada alternativa o mismo con la situación actual, o sea, la alternativa de no hacer nada para los objetivos o impactos de análisis. Permite también que, después de algún tiempo de utilización, se define la utilidad o eficacia mínima para cada proyecto.

Siendo un tipo de análisis sistemático, esta metodología sigue básicamente la estructura presentada anteriormente, desde la definición de los problemas hasta el modelo final del sistema

En la comparación de las alternativas, relativamente a cada variable, se puede actuar de dos maneras. La primera, haciendo comparaciones basadas en la teoría de la decisión. Otro enfoque es la opinión de un grupo de peritos, cuando no existe posibilidad de comparación matemática entre las alternativas. Este enfoque ya fue adoptado en varios casos de análisis de proyectos, presentando resultados satisfactorios.

ENGLISH (1968), HILL (1967), SCHIMPELER (1968), JESSIMAN (1967)

AQUINO (1975) desarrollaron estudios mostrando analizar los efectos de un proyecto en transportes sobre el sistema considerando no apenas aquellos monetariamente cuantificables.

En estos trabajos los autores transformaban los efectos de sus varias unidades para un sistema a dimensional, pudiendo así compararlos en las varias alternativas de proyecto en estudio. MURALHA(1990) propone una evaluación del desempeño de sistemas a través de la priorización de aspectos que describen su eficacia. Este mismo autor asumió cinco niveles de evaluación, agregando y ponderando los indicadores a través de pesos obtenidos con una investigación. Se trata básicamente de una medida ponderada de estas investigaciones y su uso en la matriz de eficacia, de manera similar a la presentada por PEREIRA (1983) .

Estos trabajos no consideran la importancia relativa de las variables entre si. Esta complementación fue elaborada a partir de la ponderación de cada una, a través de la opinión de miembros de la comunidad y gobierno, permitiendo que el resultado se pueda representar el interés de todos los sectores envueltos.

5.3 La matriz de Eficacia

De acuerdo con Rodríguez (1990), se considera que para un dado proyecto de transportes se tiene los siguientes elementos componentes de una supuesta evaluación:

Objetivos o criterios G_j

Alternativas de proyecto P_i

Coefficientes de ponderación de cada criterio escogido u_i

Eficacia e_{ij} (Siendo $0 < e_{ij} < 1$)

Sabiendo que u_j representa la relevancia de cada uno de los “n” objetivos o efectos causados por los proyectos, se puede elaborar el modelo de la tabla de eficacia como se muestra en el siguiente grafico 9:

Gráfico 9: La tabla costo-eficacia

Ponderación u_j	u_1	u_2	...	u_j	...	u_n	Utilidad total de la Opción P_i
Objetivo	G_1	G_2	...	G_j	...	G_n	
Opción							
P_1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1j}	...	e_{1n}	E_1
P_2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2j}	...	e_{2n}	E_2
P_3	e_{31}	e_{32}	...	e_{3j}	...	e_{3n}	E_3
...
P_i	e_{i1}	e_{i2}	...	e_{ij}	...	e_{in}	E_i
...
P_m	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mj}	...	e_{mn}	E_m

Siendo que

$$\sum_{j=1}^n u_j = 1$$

Ecuación 5

Así para cada opción P_i se tiene una eficacia total E_i (siendo $E_i \leq 1$), que sirve para la comparación entre las diversas opciones disponibles. Cuanto mayor la eficacia, mejor el proyecto.

Matemáticamente, se puede presentar este modelo a través de la matriz representada por el gráfico 10.

Gráfico 10: **Matriz de Eficacia**

$$\begin{pmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1j} & \dots & e_{1n} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2j} & \dots & e_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{i1} & e_{i2} & \dots & e_{ij} & \dots & e_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ e_{m1} & e_{m2} & \dots & e_{mj} & \dots & e_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_j \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_i \\ \vdots \\ E_m \end{pmatrix}$$

Donde la eficacia total de cada opción es dada por la expresión:

$$E_i = \sum_{j=1}^n e_{ij} u_j \text{ para } (i = 1, 2, \dots, n)$$

Ecuación 6

Alternativamente, caso sea verificada la necesidad de inclusión de sectores diferenciados en la ponderación de los efectos, (u_j), se puede adoptar el modelo de clases para dichos equipos multidisciplinares.

Así, a través de la utilización de un parámetro representativo del porcentual de participación de cada sector en el equipo evaluador, se tiene la eficacia total de cada opción que será la suma de las eficacias parciales de cada enfoque.

En este enfoque las clases no dan solo las ponderaciones de los objetivos, sino también la eficacia de cada opción relativa a cada objetivo. Un enfoque alternativo

es la de un grupo que da las ponderaciones y otro determina las eficacias de cada opción, relativa a cada objetivo. En el caso de la aplicación del proceso, se debe adoptar el enfoque que fuese considerado más conveniente, tanto en el costo del personal para analizar los proyectos cuanto a la reducción de tendencias de los resultados.

La mejor opción no se limita, a la relación Eficacia/Costo (E/C), principalmente porque pueden existir restricciones de eficacia mínima. De esta forma, tres aspectos básicos deben ser considerados en el análisis:

- Comparar los costos de las opciones que presenten la misma grandeza de eficacia para poder escoger la que tenga menor costo.
- Comparar eficacias para proyectos que presenten costos de la misma grandeza y preferir la de mayor eficacia
- Si las opciones difieren tanto en costos como en eficacia, no hay base lógica para la comparación, a no ser que exista una opción dominante, esto es , aquella que posea mayor eficacia para todos los costos.

Así, el trabajo del ingeniero analista de proyectos no debe ser enfocado en la mejor decisión de la mejor opción, sino ante la limitación de la cantidad de opciones auxiliar a los responsables de la toma de decisiones.

Es también por eso que la metodología Costo-Eficacia se muestra más adecuada a la de los criterios convencionales del cálculo de los beneficios económicos: por ignorar diversos aspectos no cuantificables, esta última metodología puede direccionar equivocadamente a los responsables a una decisión inadecuada, debido a la incapacidad de proporcionar una visualización global de los beneficios potenciales de cada proyecto, DANTAS (2005)

5.4 Ponderación de Objetivos

De acuerdo con ROSSITER (1998), para la ponderación de los coeficientes de utilidad (u_j) relativos a cada opción (P_i) se puede utilizar diversos criterios, desde los simples de escalonamiento hasta el método Delphi. La manera de escoger depende del grado de detalles que se desea obtener y del nivel de participación de los diferentes sectores en los grupos de análisis. Se presenta a seguir los tipos más comunes de ponderación de los coeficientes de utilidad.

a) Método de Escalonamiento

El método de escalonamiento nada más es la ordenación de los “k” objetivos que son presentados a los miembros de la comisión evaluadora en orden de importancia, siendo (k-1) o más relevantes y cero a los menos significativos. En seguida, estos valores son transformados en porcentuales, obteniéndose:

$$R_k = \sum_{i=1}^m R_{ik} \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ecuación 7

Donde:

R_k = total de puntos obtenidos por el objetivo "k"

R_{ik} = puntos dados al objetivo "k" por el representante "i" de la comisión evaluadora

n = número de objetivos a ser analizados

m = número de representantes de la comisión evaluadora

Así, el peso de cada objetivo "k" es definido por:

$$u_k = \frac{R_k}{\sum_{k=1}^n R_k} \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ecuación 8

b) Método de clasificación

El método de clasificación se asemeja al de escalonamiento, solo que para cada objetivo es dada una nota cero a diez, siendo que cuanto mayor sea la nota, mayor el impacto de este objetivo sobre la alternativa en cuestión.

$$V_k = \sum_{i=1}^m V_{ik} \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ecuación 9

Donde:

V_k = total de puntos obtenidos por el objetivo "k"

V_{ik} = puntos dados al objetivo "k" por el representante "i" de la comisión evaluadora

n = número de objetivos a ser analizados

m = número de representantes de la comisión evaluadora

Con la puntuación total, se debe transformar cada valor V_k a términos porcentuales, a través de la fórmula:

$$u_k = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^m V_k} \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Ecuación 10

Donde:

V_k = total de puntos obtenidos por el objetivo "k"

V_{ik} = puntos dados al objetivo "k" por el representante "i" de la comisión evaluadora

n = número de objetivos a ser analizados

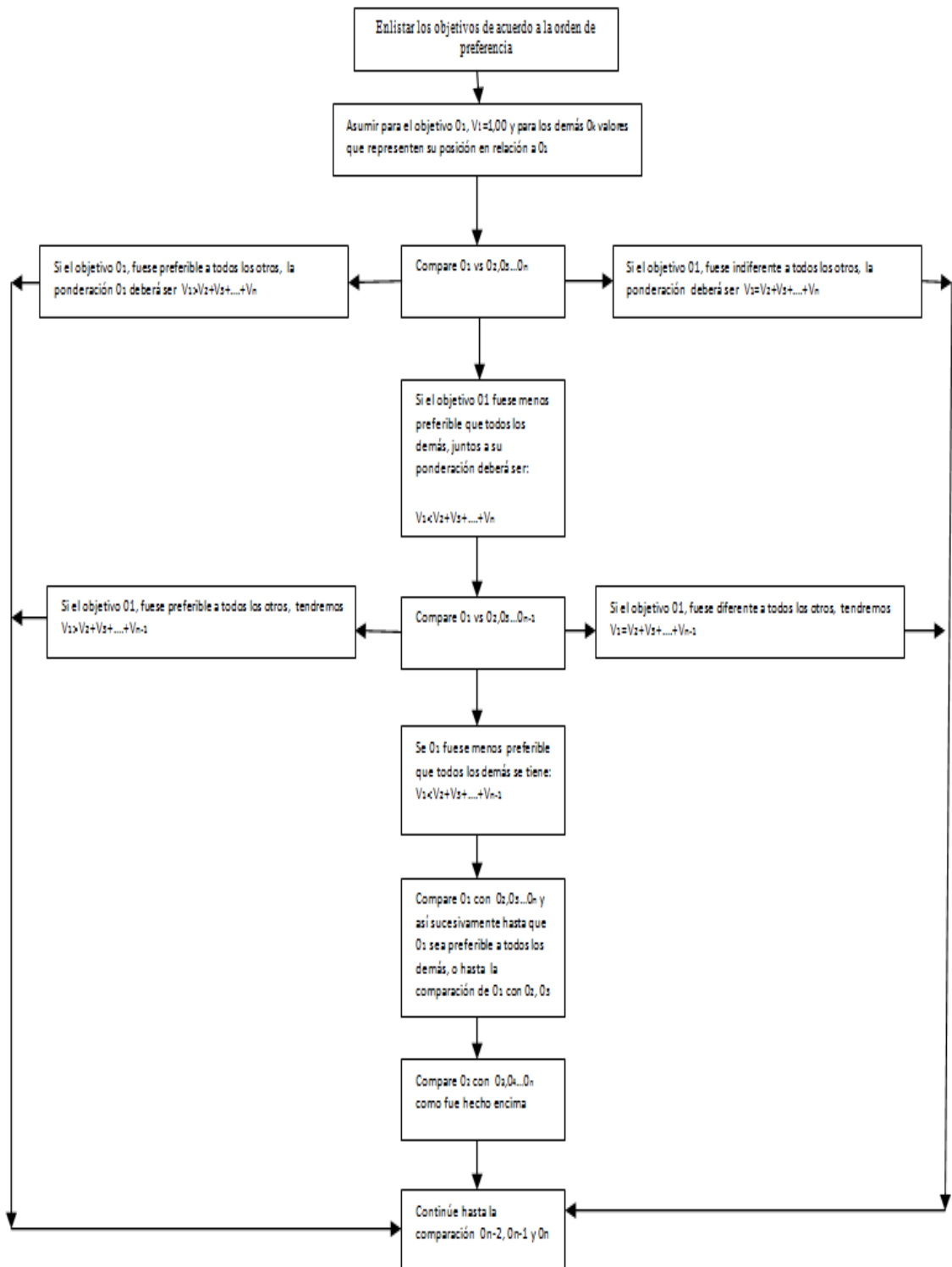
m = número de representantes de la comisión evaluadora

c) Método de las comparaciones sucesivas

Este método consiste en la ejecución del procedimiento, para cada uno de los representantes de la comisión evaluadora. Posteriormente al proceso, se debe convertir cada V_k en su equivalente u_k porcentual

Hay también un enfoque alternativo para este método, de uso más común cuando existen siete o más objetivos analizados, como se presenta en el gráfico 11. Entretanto su detallamiento no será objeto de este estudio, ya que no será utilizado y se asemeja al procedimiento ya presentado en el método anterior.

Gráfico 11: Método de las comparaciones sucesivas



d) Método delphi

Teniendo como base de análisis estadística, histogramas, media, moda, intervalos, este método hace ponderaciones de los objetivos en función de los resultados preliminares obtenidos. Los representantes de la comisión evaluadora deben estar en el anonimato durante toda la ponderación, repitiendo el proceso hasta que se obtenga un grado de concordancia satisfactorio entre los mismos.

Con excepción de los métodos de escalonamiento y clasificación los demás presentan dificultad de ejecución debido al gasto del tiempo hasta la obtención de los resultados preliminares.

En contrapunto y a pesar de que poseen una aplicación simplificada, tanto el método de escalonamiento como la clasificación producen grandes desvíos de media, siendo que el primero posee la ventaja de ser más seguro estadísticamente.

5.5 Determinación de la Eficacia por Objetivo

De manera similar a los procedimientos presentados para la ponderación de objetivos, la determinación de la eficacia debe ser hecha a través de matematización de los juzgamientos de cada representante de la comisión evaluadora. SANTANA (1984).

El procedimiento generalmente utilizado que es presentado por el autor consiste, primeramente, en la elaboración de una matriz con una única preocupación de

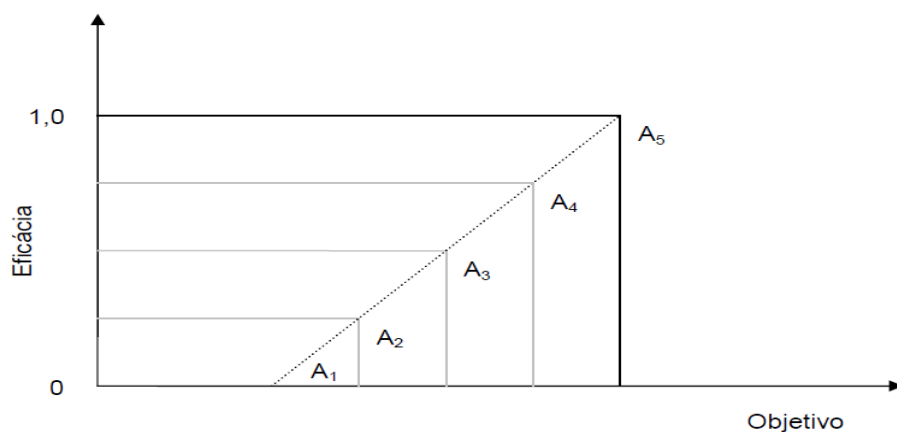
relacionar todos los objetivos y opciones pertinentes, pero sin la necesidad de cualquier tipo de ordenamiento. Se resalta que, conforme lo ya descrito, el impacto de cada opción sobre los diversos sobre los diversos objetivos ya deberá estar determinado.

El siguiente paso se refiere la atribución de cada valor de eficacia, que debe variar entre 0 y 1(cero y uno).como estos valores son de difícil determinación, se adopta uno de los criterios de ponderación presentados a continuación.

a) Técnica de Evaluación de Objetivos por relatividad

Este es un enfoque simplificado en el cual se considera, que para un determinado objetivo, la opción de menor impacto posee una eficacia igual a 0(cero), en cuanto a los de mayor impacto poseen una eficacia igual a 1(uno): las demás opciones tendrán sus respectivos valores de eficacia que serán obtenidos a través de la interpolación en función de la recta inicial dada conforme el siguiente grafico 12.

Grafico 12: Interpolación de las eficacias por relatividad.



La principal desventaja de este enfoque se debe al hecho de que la peor opción pasa a ser considerada como titular de eficacia cero, proporcionando una noción equivocada de que tal opción no posee cualquier beneficio. Optar por un proyecto con eficacia igual a cero, en este criterio, no significa necesariamente que el mismo no alcanzara sus objetivos, apenas que existen otras propuestas con mayor eficacia.

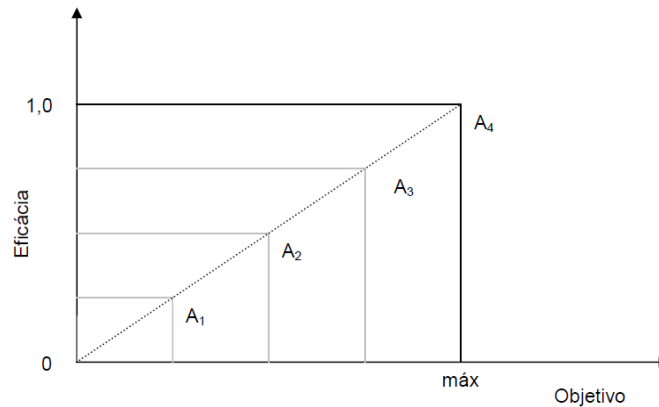
Así mismo se debe enfatizar que para el análisis que posean restricciones presupuestarias no se debe rechazar opciones con eficacia igual a cero, aunque las mismas estén encima del límite mínimo impuesto por las restricciones de eficacia.

Otra desventaja es que la inclusión de nuevas opciones puede cambiar significativamente el análisis de resultados de la eficacia, ya que los valores obtenidos a través de la interpolación serán alterados.

b) Técnica de la Curva de utilidad lineal

Se trata de un proceso similar al anterior, diferenciados en la definición de los valores máximos de eficacia. Así la opción con mayor impacto sobre determinado objetivo poseerán eficacia igual a 1(uno), en cuanto al valor 0 (cero) de eficacia correspondería a la de ningún impacto sobre el mismo objetivo, conforme el grafico:

Grafico 13: Interpolación de las eficacias por utilidad Lineal.



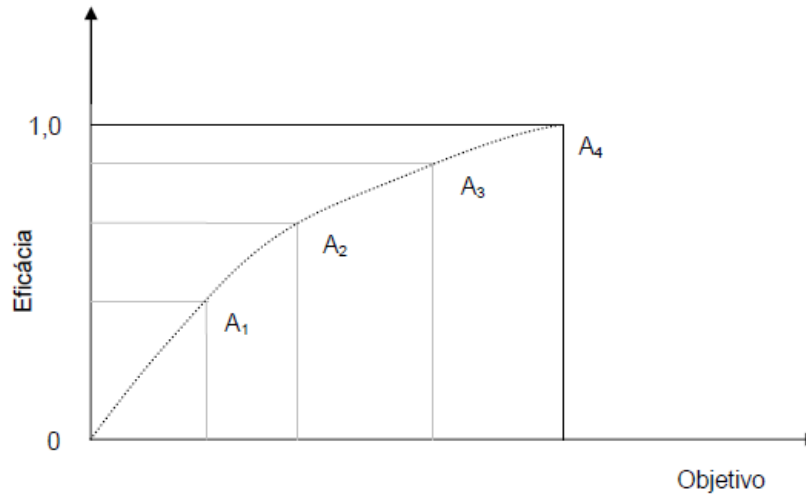
La mayor ventaja de este criterio es que el no sufre influencia de los extremos de la curva, como sucede en el caso de evaluación de los objetivos por relatividad. Análogamente hay valores de eficacia mayores que 0(cero) que son atribuidos a la peor opción, desasiendo la idea de que la misma no poseerá cualquier beneficio.

c) Curva de utilidad no-Lineal

Representa de forma más realista la variación de la eficacia por opción, ya que no necesariamente obedecen a un comportamiento lineal. Su mayor ventaja se debe al hecho de ser más representativa en el caso en que la variación de la eficacia con las unidades del objetivo no es constante.

A pesar de esto, la aplicación de este criterio se torna más complejo, que el de los lineales, ya que se hace más necesario determinar el perfil de la curva en lugar de realizar la interpolación de los demás valores. Esta forma de interpolación es representada en el siguiente gráfico:

Gráfico 14: Interpolación de las eficacias por Curva no Lineal



5.3 Consideraciones sobre los Métodos de Evaluación de Proyectos

Los métodos presentados pueden parecer demasiado subjetivos (ahí la preocupación en matematizar los juzgamientos), pero se debe atender que los demás criterios de evaluación de proyectos también posean diversas simplificaciones, tergiversando el resultado, de cierta forma.

Todavía, se resalta que tales simplificaciones son esenciales para la elaboración de un criterio uniforme capaz de considerar de forma semejante toso los aspectos envueltos en la evaluación de proyectos.

De esta forma, este trabajo pretende presentar el impacto de la aplicación de un AFC sobre un sistema de transportes, a través del levantamiento de beneficios producidos de acuerdo con los objetivos relacionados a la movilidad de personas. O sea determinar cuanto un proyecto AFC en los transportes públicos puede

beneficiar adicionalmente a la movilidad comparándola con sistemas manuales o convencionales.

Conforme lo ya explicado, el método Costo-eficacia posee también la capacidad de considerar beneficios no cuantificables, este factor que permite la visualización global de la eficacia de un proyecto.

CAPÍTULO VI

6. Eficacia del sistema de cobro electrónico

Para una mejor comprensión del impacto de cobro electrónico sobre la eficacia del sistema de transportes y consecuente al aumento de la movilidad, se propone una desagregación en términos de los tipos y áreas de actuación de cada parámetro de evaluación de desempeño, como se muestra mas adelante.

Tal desagregación sirve como auxilio al estudio preliminar de los tipos de impacto que surgen debido a la implantación de un sistema de cobro electrónico y que deberán ser analizados en un estudio de viabilidad de implantación de un proyecto, como fue demostrado por WINFREY y ZELLNER (1971).

Con todo primeramente es necesario que se presente una descripción sucinta de las fuentes y estudios de casi analizados, así como sus principales resultados, que servirán de base para la etapa posterior de determinación de la eficacia del sistema de cobro electrónico.

6.1 Levantamiento de los principales indicadores de Eficacia del AFC

En noviembre de 1995 el Federal transit Administration (1995) de los Estados Unidos publico un reporte divulgando los principales beneficios observados en diversos proyectos implantados en el país, consecuentes de la utilización del ITS en los transportes públicos (APTS)

Los referentes a los sistemas de cobro electrónico destacan tres casos de resultados significativos:

En Ventura County (California), el uso de AFC proporciono a la economía anualmente, 9.5 millones de dólares debido a la reducción de evasión de la tarifa, 5 millones de dólares debido a la reducción de los costos por recolección de datos operacionales en campo y un millón de dólares en función de la eliminación de los llamados transfer slips, una forma de integración tarifaria ejecutada manualmente.

El transfer slip funcionaba a través de la compra de un boleto convencional que al ser utilizado, el usuario recibía un ticket que le aseguraba el usos directo en un viaje complementario.

En New York, la reducción de evasión de la tarifa proporciono a la economía 70 millones de dólares anualmente, gracias a esta reducción de evasión, desde su implantación el AFC resulto en un aumento al FISCO en función de:

- Volumen adicional comercializado de los boletos electrónicos y el consecuente pago de las tasas de permiso de venta de los operadores (US\$ 34 millones).

- Ganancias financieras por el recibimiento anticipado de los valores de los boletos de viajes múltiples, como mensuales (US\$ 140 millones)

- En New Jersey, los ingresos aumentaron cerca del 12% y posibilito la reducción de los costos con el sistema de cobro de tarifa en US\$ 2.7 millones por año.

Al evaluar los beneficios del uso de APTS, GOEDDEL (1996) cálculo que los proyectos considerando tales sistemas inteligentes (ya en operación o para ser implantados) resultarían en economías entre US\$ 3,8 billones de 44% sería debido a los sistemas de gerenciamiento de transporte público y 34% gracias a los sistemas de cobro electrónico.

DINNING (1996) hizo un levantamiento de los costos asociados a la obtención de los datos operacionales de los sistemas de transporte público en campo(como demanda pegante por vehículo, por ejemplo) y concluyo que después de la implantación de AFC en Manchester(UK), los costos fueron reducidos en US\$ 1.5 millones .En el mismo estudio, el autor elaboro una previsión de que este efecto sería repetido en Ventura Country(California), pero con reducción de US\$ 5 millones.

En su evaluación del uso de sistemas de cobro electrónico en el Brasil, la Asociación Nacional de las Empresas de Transportes Urbanos-NTU (2003) resalto la importancia de la agregación de nuevos servicios asociados al AFC como forma de aumentar la ganancia del operador.

En esta publicación, la institución cita el ejemplo de la experiencia de Belo Horizonte (MG) en cobrar adicional de 1% sobre el valor de la recarga, en caso el usuario opte en realizarla a bordo de los vehículos. En Guaraja (SP) la empresa operadora cobra un costo adicional de una tarifa por tarjeta para fornecer a los clientes el ticket transporte.

Otro beneficio citado por esta institución fue la posibilidad de la reestructuración de la política tarifaria vigente que , en su gran mayoría utiliza un sistema basado en la tarifa de valor único, muchas veces alineándose al concepto de que los usuarios en mejores condiciones financieras deben pagar más que los usuarios más pobres.

Con la adopción del AFC, el argumento de la practicidad operacional se vuelve inválido, posibilitando la adopción de políticas tarifarias alternativas que pueden resultar en reducción de costos para los usuarios y aumento de los ingresos para las operadoras, tales como:

- Anillos tarifarios
- Día típico (útil, fin de semana)
- Forma de pago (anticipado, en el momento)
- Integración
- Temporada (boleto mensual, semanal, etc.)
- Hora del día (pico, fuera de pico)
- Cantidad de viajes en la tarjeta
- Tipo de servicio (especial, alimentador, troncal)
- Tipo de usuario (estudiante, turista)

En su estudio en relación a los sistemas de cobro electrónico y políticas tarifarias, FOOTE y STUART (2000) se describen cambios realizados por el Chicago Transit Authority (CTA) que generaron impactos sobre la demanda y el uso de boletos electrónicos. El uso de AFC en los sistemas de buses y tren permitió la introducción de la nueva política tarifaria, reduciendo el precio de pases por periodo.

En este estudio, los autores concluyen que el 70%-80% da un aumento de 3.6% lo que evidencia el aumento de la movilidad, de la demanda del sistema fue resultado de la aplicación de AFC y la consecuente posibilidad de alteración de la política tarifaria vigente. los resultados fueron basados en un estudio de dos años, cubriendo el año antes de los cambios y un año después de los mismos. Estudios adicionales demostraron también que los nuevos pases de siete días presentaron un aumento de 31% en la participación de las ventas.

Otro aspecto a ser considerado en la evaluación de la eficacia del AFC es el tiempo de embarque, que indica la variación del costo operacional en función de la velocidad comercial del bus, siendo que el primero aumentaría a medida que el segundo parámetro fuese reducido.

El levantamiento del autor muestra que una reducción de la velocidad de 20 para 15 Km/h resultaría, en un aumento medio de 24% del costo total de la operación. Así el autor hizo observaciones pertinentes en relación al tiempo de embarque y desembarque de los usuarios del bus que respondería a cerca del 20 a 30% del tiempo total del viaje. La comparación entre tres sistemas de cobro no deja dudas sobre la ventaja de los AFC sobre la recolección manual de la tarifa, como podemos observar en el siguiente cuadro:

Tipo de cobro	Tasa de embarque
Cobro fuera de los vehículos(ligerinho-Curitiba)	0,7 seg/pas
Cobro electrónico	1 seg/pas
Pago en dinero	3 seg/pas

Según este autor, la gran diferencia entre las tasa de embarque medias observadas, entre el tipo de cobro “pago en dinero” y “cobro electrónico” estaría en el hecho de que la primera existe gran ocurrencia de manipulación al cambio. En una simulación de la situación en Sao Paulo, el autor considera que los usuarios que utilizaban ticket transporte (50%) se pasan a pagar sus tarifas a través de dinero, habría un aumento de 7% en el tiempo medio total de viaje y 6% de aumento del costo operacional de bus.

Para analizar los efectos de AFC sobre los sistemas de transporte, SCHWENK (1996) estudio la experiencia de el uso de smart cards para el pago de tarifas en Phoenix, en los Estados Unidos. Después de cuatro meses de experiencias, se detecto que 90% de las tarifas eran pagadas a través de cobro electrónico en las rutas expresas de bus. En relación al Ticket transporte, hubo una economía de 33% para los empleadores, que ya pasaron a pagar por los viajes efectivamente realizados y no mas por la compra de boletos para uso mensual.

Además de estos beneficios cuantificados, existen también los no calificados y los intangibles .un estudio considerablemente detallado de estos beneficios adicionales es el boleto de Tarifa Regional (RFC) de Puget Sounf, en Washington USA. El autor de estés estudio es la USDOT (2006), haciendo parte de la serie de análisis elaborados para el ITS Joint Program.

En la evaluación completa del AFC Puget Sound, las diversas agencias colaboradoras encontraron resultados divergentes en relación a los beneficios financieros ya que algunos análisis demostraron que no habría retorno de la inversión realizada.

En estos casos se busca dar mayor énfasis en la mejora del servicio a los usuarios, en el aumento de accesibilidad a los transportes y promoción de la economía regional. Así los beneficios intangibles o cualitativos tuvieron su relevancia equiparada a los financieros en diversos casos.

El primer grupo de estos beneficios fue el aumento de la eficacia operacional y productividad, que según el autor sería revertido a la reducción de costos administrativos, operacionales y logísticos. Además la adopción de un tipo único de boleto electrónico llevaría a la reducción de costos con medios de compatibilizar los sistemas en integraciones intermodales.

Similarmente el estudio de la NTU (1999) citado en este capítulo, se considera también que el uso de smart cards sin contacto llevo a un decrecimiento del tiempo de embarque de los pasajeros y consecuentemente al aumento de la velocidad comercial.

Beneficios relacionados a la seguridad constituyen el segundo grupo relacionado por el autor, principalmente debido al hecho de que los usuarios no necesitarían más de dinero para el pago de tarifas en locales públicos, otro beneficio en esta área se debe a la reducción de las disputas entre motorizados y pasajeros para el pago de la tarifa.

Como en el sistema convencional este pago era realizado a través del depósito del dinero en un contador automático, numerosos incidentes de esta naturaleza eran registrados a cada año. Además del desgaste generado, accidentes de tránsito, se

volvieron más comunes por causa del mayor periodo de tiempo en que los motorizados mantenían una reducida atención en la conducción de los vehículos.

Finalmente, el tercer grupo se refiere al aumento de los ingresos generados por una serie de factores, como la reducción de la pérdida por asaltos, evasión de la tarifa, aumento de la demanda y ganancias financieras por el recibo anticipado de los valores de los boletos por múltiples viajes.

En cuanto al aumento de la demanda, el autor justifica este comportamiento por el aumento de atraktividad del sistema después de la integración intermodal, la cual solo se volvió posible de forma plena con la implantación del AFC

Ya que las ganancias financieras citadas serian generadas a través de un eficiente gerenciamiento del valor de crédito contenido en los boletos electrónicos, sea por la inversión de este capital o la cobertura de débitos de la propia empresa operadora, posibilitando, así un aumento de los ingresos.

En relación al ticket-transporte, el autor relata la experiencia de los empleadores que consiguieron reducir sus costos gracias al conocimiento de los estándares de viajes de sus funcionarios. Con eso pasaron a gerenciar los créditos de todos los boletos electrónicos y realizar transferencias entre boletos con exceso de crédito y otro con falta de crédito.

Todos los casos presentados en esta sección apuntan, para la existencia comprobada de beneficios advenidos de la implantación de sistemas de cobro electrónico.

Obviamente, determinar los beneficios es suficiente para un estudio de viabilidad económica o financiera y a posterior justificaba para las inversiones, pero los datos levantados permiten la realización de un análisis de eficacia del AFC, objeto de esta tesis.

Como parte de los indicadores presentados poseen efecto supuesto, se vuelve necesaria la organización de los datos desagregados, de manera a evitarse el supe estimativo de la eficacia del sistema. Así la sección subsecuente propone la estructuración de los parámetros de evaluación de desempeño para la etapa posterior de ponderación de las eficacias por objetivo.

6.2 Caracterización de los Objetivos del AFC

Con base en los estudios e evaluación de desempeño presentados, se volvió posible determinar los objetivos relevantes para el análisis de eficacia del AFC. Entretanto los resultados obtenidos por los diversos autores reflejan condiciones específicas de operación o lógica funcional, lo que ocasionaría par5a un mismo objetivo resultados diferentes de eficacia caso al boleto electrónico fuse aplicada en otro sistema de transportes.

Además se puede considerar que algunos de los objetivos no fueron alcanzados simplemente en función de la implantación para la adopción de otras medidas, anteriormente imposibles de ser ejecutadas. Un buen ejemplo de esta situación es el caso del aumento de demanda, conforme será discutido más adelante.

Los objetivos relevantes a ser evaluados en el caso de implantación de un AFC, serian aquellos para los cuales se consiguió detectar alguna variación de situación después del uso de equipos electrónicos, siendo:

- Reducción del Tiempo de Viaje
- Aumento de la Seguridad
- Reducción del Costo de Mantenimiento del Sistema de Cobro
- Aumento de la flexibilidad de la política tarifaria
- Aumento de la demanda
- Agregación de nuevos servicios
- Reducción del costo con recolección de datos
- Reducción del costo para empleadores que fornecen los tickets
- Como ya se menciona, algunos de estos objetivos presentan superposición, en cuanto otros son hechos de medidas adicionales. Por lo tanto cabe discutir cada uno de ellos para la comprensión de los cuidados a ser tomados en la etapa de determinación de la eficacia.

Antes es importante que se esclarezca dos calificaciones que será utilizada para la clasificación de estos mismos objetivos. La primera se pronuncia al respecto de la forma como los impactos del AFC se relacionan con ellos: directa o indirectamente. En el caso que sea directa, el uso de cobro electrónica provocaría variaciones en el desempeño del sistema, se clasifica al objetivo principal; en el caso de que estos impactos sean advenidos de medidas adicionales de ejecución posible por el uso del AFC, pasa a ser secundario.

La segunda calificación se refiere al grupo de individuos beneficiados por la mayoría de la eficacia del sistema de transportes, en el caso, los usuarios, operadores y terceros.

Se resalta, que esta clasificación se basa en estudios ya realizados y consultas con especialistas y representantes de los tres grupos. Determinado el objetivo como referente a los intereses de determinado grupo, esto no significa que los demás envueltos no son beneficiados, pero tal beneficio es irrelevante delante del principal afectado.

a) Reducción del tiempo de viaje

Reducir el tiempo de viaje a través de la implantación de sistemas de cobro electrónico es algo controversia, principalmente por el número de factores condicionantes de los resultados. En la teoría, tal reducción sería oriunda de la mayor agilidad en el proceso del cobro electrónico al evitar el manejo de dinero.

Realmente, el ganó de agilidad es fácilmente perceptible, pero cuantificar esta reducción de tiempo es difícil debido a los diversos tipos de boleto y lectoras.

b) Aumento de la Seguridad

Este objetivo posee dos vertientes, con beneficios tanto para los usuarios cuanto para los operadores. En cuanto a los usuarios, estos estarán libres de la necesidad

de transportar dinero para el pago de tarifas, reduciendo los chances de sufrir asaltos.

Para el operador la inexistencia de operaciones de pago en dinero y su acumulación dentro de los vehículos, reduce el riesgo a asaltos e la pérdida de el dinero.

Otro tipo de aumento de la seguridad detectado fue en casos que los conductores realizan el cobro de tarifa. Con el uso del cobro electrónico, el conductor pasa a mantener su atención solo en la conducción. Esto permitiría la disminución del número de accidentes causados tanto por la pérdida de control del vehículo cuanto por la colisión a terceros durante el embarque o desembarque de pasajeros, ya que le tiempo de permanencia en los puntos de parada será minimizado, USDOT (2006).

Las divergencias entre otros especialistas de la área entre la relevancia de los impactos del cobro electrónico sobre la seguridad de la área entre la relevancia de los impactos del cobro electrónico sobre la seguridad se concentra en dos puntos principales. El primero de ellos es que de acuerdo con las diversas arquitecturas ITS propuestas, el AFC no puede ser encuadrado como medida de seguridad.

El segundo punto es que aun si todas las tarifas fueran pagadas electrónicamente, los smart cards todavía pueden ser blancos de criminales, ya que contienen créditos.

Dependiendo del sistema esto no deja de ser verdad, mismo con la posibilidad de cancelar los boletos, ya que es necesario el registro del cancelamiento en las lectoras y en la mayoría de los casos la totalidad de la flota, solo podrá ser utilizada después de 24 horas, pues es el tiempo para el retorno de los vehículos al garaje.

Además, los sistemas con venta automática de boletos pre cargados también ya fueron objetivo de robos, conforme lo relata la USDOT (2006) y FOOTE and STUART (2002).

c) Reducción de la Evasión de la Tarifa

Este es sin duda, el mayor objetivo para las operadoras, principalmente en los inicios de la implantación del AFC. En el Ecuador no existen estimativas sobre las ganancias en esta área, pero en países de Latinoamérica como Brasil se estima que solamente la gratuidad de 36.8% para 30% desde el inicio de las operaciones con boletos electrónicos.

A pesar de otros tipos de evasión no son afectados por el uso de AFC, como la liberación de la entrada por intimidación, o consenso con el cobrador. La emisión de pases especiales para los usuarios registrados permite también que se monitoree el uso de los mismos y que se realice una auditoría, cuando fuese necesaria.

La eficacia del AFC en relación a este objetivo es extremadamente amplia y relevante, a pesar de que su impacto sea más significativo sobre la recolección de los operadores

d) Reducción del Costo de mantenimiento del Sistema de Cobro

El sistema de cobro convencional, cuando es comprado con el AFC, se muestra demasiado ineficiente, de difícil control y fiscalización. En diversos sistemas, la implantación del cobro electrónico elimino la necesidad de un cobrador en los vehículos y disminuyo los costos con transporte de dinero recolectado.

La realidad presenta particularidades que amenizan el impacto del ITS y eliminan su eficacia. Un ejemplo de estos es el mantenimiento de los cobradores debidos a las presiones sindicales y también por el hecho de que todavía es permitido el pago a través de dinero, restando apenas la economía con los transportes del capital recogido.

e) Agregación de nuevos servicios.

Agregar valor o explorar el potencial de nuevos usos para los smart cards es considerado por diversos autores como la parte final del proceso de implantación del cobro electrónico, debiéndose priorizar la optimización de la operación del propio sistema antes de evaluar estas posibilidades.

La adquisición de estos boletos por persona que no fueran usuarios regulares del sistema de transporte público facilitara hasta mismo la transición completa del proceso convencional de pago de la tarifa para el electrónico. Esto significaría la solución para uno de los problemas actuales, la necesidad de aceptar dinero, ya que una parte de los usuarios no adquieren los boletos.

Para este objetivo el AFC apenas proporciona condiciones para la agregación del valor a los smart cards, siendo necesario que medidas adicionales sean efectuadas para el funcionamiento pleno del concepto de múltiples usos y el posterior aumento de la recolección para operadores. Por eso se clasifica este objetivo como secundario.

f) Aumento de la Flexibilidad de la Política Tarifaria

A pesar de ser claramente un objetivo secundario, ya que el cobro electrónico apenas viabiliza técnicamente la adopción de diferentes políticas tarifarias (como las diversas modalidades de integración), la eficacia del mismo merece la evaluación más minuciosa, dada su importancia para la calidad del servicio y la propia demanda.

g) Reducción del costo con recolección de datos.

La recolección de datos operacionales de los sistemas de transporte no es importante solamente para los operadores, pero también para otros grupos (terceros) que puedan utilizarlos en estudios de planificación. Para terceros esta actividad posee un costo relativamente elevado, debido a la inexistencia de equipos que auxilien esta tarea, principalmente para órganos públicos.

El AFC permitiría la producción de nuevos indicadores socioeconómicos de una región, auxiliando la planificación urbana y de transportes, además de suplir la carencia de informaciones del sector privado en casos de análisis de inversiones en

proyectos locales, principalmente infraestructura; mismo con la eficacia reducida cuando utilizado sin sistemas de localización automática de vehículos (AVL), que permitirían hasta mismo la elaboración de una matriz origen/destino, el AFC es capaz de fornecer indicadores que servirán de base para tales análisis.

h) Reducción del Costo para Empleadores que fornecen Ticket

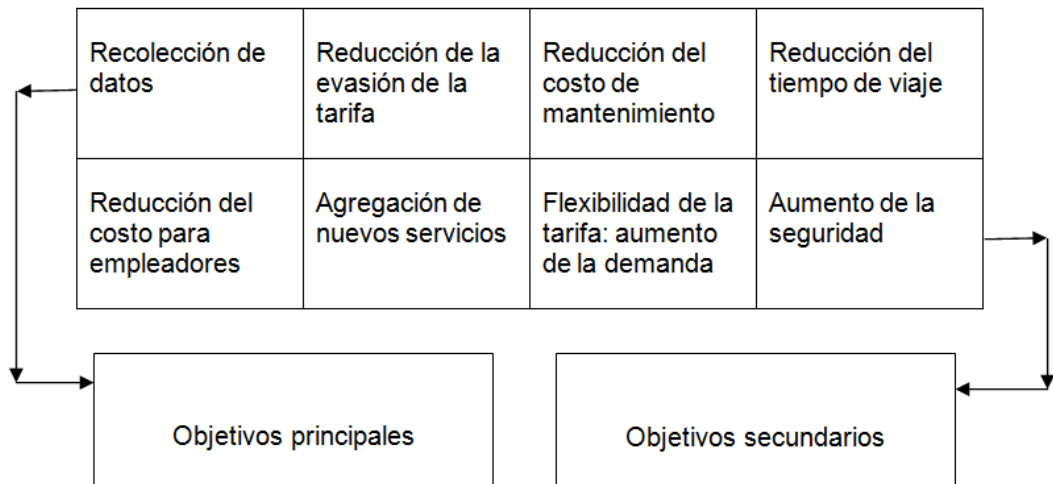
Empresas que fornecen tickets a sus empleadores poseen elevados costos para la concesión del beneficio, debido a la imposibilidad de controlar su uso real por los funcionarios.

A través del boleto electrónico, este control puede ser fornecido por las operadoras a los propios empleados, con el perfil de desplazamiento de cada usuario del Ticket, permitiendo la verificación de la forma que sus funcionarios la utilizan.

También se vuelve posible la transferencia de créditos entre boletos, maximizando el aprovechamiento de los créditos adquiridos. Para los empleadores, el cobro electrónico se traduciría en reducción de sus gastos, en cuanto para los operadores habría el aumento de dinero por el fornecimiento de un nuevo servicio, el fornecimiento de informaciones a los clientes que adquieran el Ticket.

Conocidos los objetivos relevantes la implantación del cobro electrónico y las peculiaridades que definen las posibles alternativas para análisis en el modelo costo/eficacia, solo resta una observación en cuanto al efecto cíclico del aumento de la eficacia del sistema de transporte, conforme se presenta en la figura:

Gráfico 15; Sistematización de los objetivos



Fuente: Wallace

Elaboración: Propia

Por lo tanto, el efecto de alcanzar-parcial o totalmente-los objetivos principales es secundarios llevaría al aumento de la recolección para los operadores y la mejora de la calidad del servicio ofertando para los usuarios. El aumento de la recolección a su vez posibilitara nuevas inversiones en el sistema de transporte, aumentando su atractivo y captando la demanda adicional, siendo este último efecto auxiliado por la propia mejora de la calidad del servicio. El carácter cíclico anteriormente mencionado se debe al hecho de que el aumento de la demanda, llevaría al nuevo aumento de la recolección para operadores, reiniciando el proceso descrito.

Este ciclo puse ser observado para prácticamente cualquier inversión en sistemas de transporte que resulten en aumento de su eficacia. La cuestión para la cual se pretendía demostrar, es la vialidad del concepto de que la implantación del cobro

electrónico resultaría en el aumento de la eficacia del sistema, con los impactos positivos para la sociedad en general.

Elaborada y explicada la lógica de determinación de los parámetros de evaluación de eficacia del AFC se vuelve posible la construcción de la tabla comparativa entre opciones, en función de los factores condicionantes ya discutidos.

CAPÍTULO VII

7. El Sistema de Cobro electrónico y el Modelo Costo –Eficacia

7.1 Caso de Estudio-Metrovia

Las operadoras CONSORCIO METROQUIL y CONSORCIO METROBASTION son un conjunto de cooperativas que se asociaron para la operación de la Troncal 1(Guasmo – Rio Daule) y la Troncal 3 (Bastión Popular – Centro) del SISTEMA METROVIA en la ciudad de Guayaquil. Esta operación se otorgó mediante un contrato firmado con la Fundación METROVIA, que es la institución municipal encargada de la regulación y supervisión del funcionamiento de este sistema, y legalizada de forma posterior por la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE).

Al ser el SISTEMA METROVIA una operación tipo BRT (Bus Rapid Transit) cuenta con troncales que incluyen paradas de pre-embarque, carril exclusivo y unidades (buses) tipo articulados de gran capacidad. También se operan las rutas “alimentadoras” con unidades convencionales (bus tipo). Se detalla a continuación la cantidad de unidades por tipo con las que cuenta cada operador:

Cuadro 12: Cuadro de Unidades

OPERADOR	TIPO UNIDAD	CANTIDAD
CONSORCIO METROQUIL	ARTICULADO	40
	ALIMENTADOR	40
CONSORCIO	ARTICULADO	65

METROBASTION	ALIMENTADOR	70
--------------	-------------	----

Elaboración: propia

Fuente: metrovia

Se detalla a continuación el recorrido de las líneas TRONCALES del sistema METROVIA.

Cuadro 13: Troncales del sistema

<p>Guasmo - Río Daule</p>	<p>Terminal Río Daule - Av. Benjamín Rosales - Av. Pedro Menéndez Gilbert - Túneles - Av. Boyacá - Av. Olmedo - Chile - Av. Rosa Borja de Ycaza - Av. Domingo Comín - Av. Roberto Serrano - Adolfo H. Simmonds - Av. Dr. Raul Clemente Huerta - Terminal Guasmo RETORNO: Terminal Guasmo - Av. Dr. Raul Clemente Huerta - Adolfo H. Simmonds - Av. Roberto Serrano - Av. Domingo Comín - Eloy Alfaro - Pedro Carbo - Roca - Tomás Martínez - Malecón Simón Bolívar - Túneles - Av. Pedro Menéndez Gilber - Av. Benjamín Rosales - Terminal Río Daule.</p> <p>Troncal 1</p>
<p>Bastión Popular - Centro</p>	<p>Terminal Bastión Popular - Marcel Laniado - Vía Daule - Av. Carlos Julio Arosemena - Av 9 de Octubre - Carchi - 1ero. De Mayo - Tulcán - Sucre - Av. Olmedo (Parada IESS) - Eloy Alfaro - Pedro Carbo (Parada Biblioteca). RETORNO: Pedro Carbo (Parada Biblioteca) - Sucre - Tulcán - 1ero. de</p>

	<p>Mayo - ss - Av- 9 de Octubre - Av. Carlos Julio Arosemena - Vía Daule - Marcel Laniado - Terminal Bastión Popular.</p>
--	--

Fuente: Metrovia

Elaboración: Propia

Se detalla a continuación el recorrido de las líneas ALIMENTADORAS del sistema METROVIA.

Cuadro 14: Líneas alimentadoras

TRONCAL	NOMBRE	RECORRIDO
Guasmo- Río Daule Norte	Alborada	Terminal Río Daule - Av. Antonio Parra - Av. Agustín Freire - Av. Rodolfo Baquerizo - Benjamín Carrión. RETORNO: Benjamín Carrión - Av. Rodolfo Baquerizo - Av. isidro Ayora - Av. Agustín Freire - Av. Antonio Parra -Terminal Río Daule.
	Guayacanes	Terminal Río Daule - Av. Antonio Parra - Av. José Ma. Egas - Av. Rodrigo Icaza - Av. Presidente Luis Tamayo - Autopista TTP - Calle 18 NE. Calle 18 NE. - Dr. Teodoro Alvarado - Av. Presidente Luis Tamayo - Av. Rodrigo Icaza - Av. José Ma. Egas - Terminal Río Daule.

	Samanes	Terminal Río Daule – Av. Antonio Parra Velasco – calle 20B NE – Av. Isidro Ayora – Av. Dr. Francisco Rizzo – Av. 1B NE. RETORNO: Av. 1B NE – calle 20 C - Av. Isidro Ayora - calle 20B NE – Av. Antonio Parra Velasco – Terminal Río Daule.
	Domingo Comín	Av. Cacique Tomalá – Av. Domingo Comín - Parada Tulipanes (Desembarque) Parada Tulipanes - Av. Domingo Comín – RETORNO: Parada Guasmo Central (Embarque) – Av. Cacique Tomalá.
	La Playita	Terminal Guasmo - Av. Raul Clemente Huerta - Av. Abdón Calderón - Av. Cacique Tomalá. RETORNO: Av. Cacique Tomalá - Av. Abdón Calderón - Av. Raul Clemente Huerta - Terminal Guasmo.
	Pradera	Terminal Guasmo - Av. Galo Plaza - Calle 49 SE. - Av. Domingo Comín - Parada Pradera 2. RETORNO: Parada Pradera 2 - Calle 47 SE. - Av. 10B SE. - Av. Galo Plaza - Terminal Guasmo.
Bastión Popular -	Vía a la Costa	Parada Fed. Guayas - Av. del Bombero hasta km. 8.5 - Av. José Rodríguez - Calle Portete -

Centro		<p>Av. 46 SO. (Antonio Flores) - Calle Venezuela. RETORNO: Calle Venezuela - Av. 47 SO. (Monseñor César Mosquera) - Redondel Av. Barcelona - Av. José Rodríguez - Av. del Bombero - Av. C.J. Arosemena - Parada Fed. Guayas.</p>
	Florida-Rotonda	<p>Av. 44 NO. - Av. Eduardo Solá - Av. Camilo Ponce Enríquez - Parada Gallegos Lara, Av. J.T. Marengo - Av. Benjamín Carrión - Av. Rodolfo Baquerizo - Av. Fco. De Orellana. RETORNO: Av. Fco de Orellana - Av. Benjamín Carrión - C.C. La Rotonda - Av. Benjamín Carrión - Av. J.T. Marengo - Av. Camilo Ponce Enríquez - Parada Gallegos Lara - Av. Eduardo Soá - Av. 44 NO.</p>
	Mapasingue Este	<p>Parada Fed. Guayas - Av. C.J. Arosemena - Av. Martha Roldós - calle 16C NO. Calle 16C NO. - Transversal 36A NO. Av. 36A NO. (Manuel Rendón) - Av. Víctor Emilio Estrada - Av. 37 NO. (Dr. Adolfo Alvear) - Av. C.J. Arosemena - Parada Fed. Guayas.</p>
	Mucho Lote - ECUASAL	<p>Av. Camilo Ponce Enríquez - Calle 24A NO. - Av. 38B NO. - Calle 24 NO. - Av. 237 NO. - Calle 25 NO. (Isidro Ayora) - Av. 33 NO. 14°</p>

	Callejón 24B NO. - Av. 37 NO. - Calle 24 NO. - Av. 38B NO. - Calle 24 No. -< Av. Camilo Ponce Enríquez. 11
Mucho Lote - Guamote	Av. Camilo Ponce Enríquez - Vía Perimetral - Av. Fco. De Orellana - 12° Callejón 25A NO. - Av. 33 NO. - Calle 25 NO. (Isidro Ayora) - Av. Fco. De Orellana. Av. Fco. De Orellana. - Vía Perimetral - Av. Camilo Ponce Enríquez - Terminal Bastión Popular
Casuarina	Parada Fuerte Huancavilca - Vía Daule - Calle 22 NO. (Honorato Vázquez) - Av. 44 NO. - Calle 21 NO. - Vía Perimetral, Calle 22 NO. - Coop. San Ignacio Loyola. Coop. San Ignacio Loyola - Calle 22 No. (Honorato Vázquez) - Av. 42 NO. - Calle 23 NO. - Vía Daule - Parada Fuerte Huancavilca.
Flor Bastión - Iguanas	Terminal Bastión Popular - Calle 25 NO. (Marcel Laniado W.) - Camilo Ponce E. - Manuela Garaycoa - Calle 11 Psj. 62 NO. (hasta Flor de Bastión, bloque 8). Calle 24 NO. (Av. Modesto Luque) - Camilo Ponce E. - Terminal Bastión Popular.
Juan Montalvo	Parada Florida - Camilo Ponce E. - Calle 19H

	<p>NO. - Av. 37 NO. Calle 19F NO. - Av. 36 NO. Av. 36 NO. - Calle 19H NO. - Camilo Ponce E. - Parada Florida.</p>
Mapasingue Oeste	<p>Parada Mapasingue - Martha Bucaram de Roldós - Calle 17A NO. - 3er. Psj. 42 NO. - Calle 17 NO. - 3° Transversal 44 NO. - Diagonal 16 NO. - Calle 16 NO. - Av. Leopoldo Carrera C. Av. 28 de Agosto (Montecristi) - 2° Psj. 38F NO. (Salitre) - Calle 27 A NO. (La Joya de los Sachas) - Camilo Ponce E. - Calle 24B NO. - Terminal Bastión Popular. - Centro Nor-Oeste</p>
Pascuales	<p>Terminal Bastión Popular - Calle 25 NO. (Marcel Laniado W.) - Camilo Ponce E. - Av. 28 de Agosto (Montecristi) - Av. 37A NO. (Caluma) - Calle 27 A NO. (La Joya de los Sachas) - Av. 37 NO. - (Flavio Alfaro). Av. 28 de Agosto (Montecristi) - 2° Psj. 38F NO. (Salitre) - Calle 27 A NO. (La Joya de los Sachas) - Camilo Ponce E. - Calle 24B NO. - Terminal Bastión Popular.</p>
San Eduardo	<p>Parada Centro de Arte - Giro en "U" sobre Vía a Daule - Túnel San Eduardo - Av. Barcelona - Puente Patria - Calle Gómez</p>

		Rendón - Calle Assad Bucaram. Calle Assad Bucaram - Calle Portete - Av. Barcelona - Túnel San Eduardo - Vía a Daule - Parada Centro de Arte.
	U de Bastión	Calle 25 NO. (Marcel Laniado W.) - Camilo Ponce E. - Calle 24A NO. - 2° Psj. 38° NO. - 3° Pt 38A NO. Calle 24 NO. - Camilo Ponce E. Parada California - Terminal Bastión Popular

Fuente: Metrovia

Elaboración: Propia

El horario de operación es:

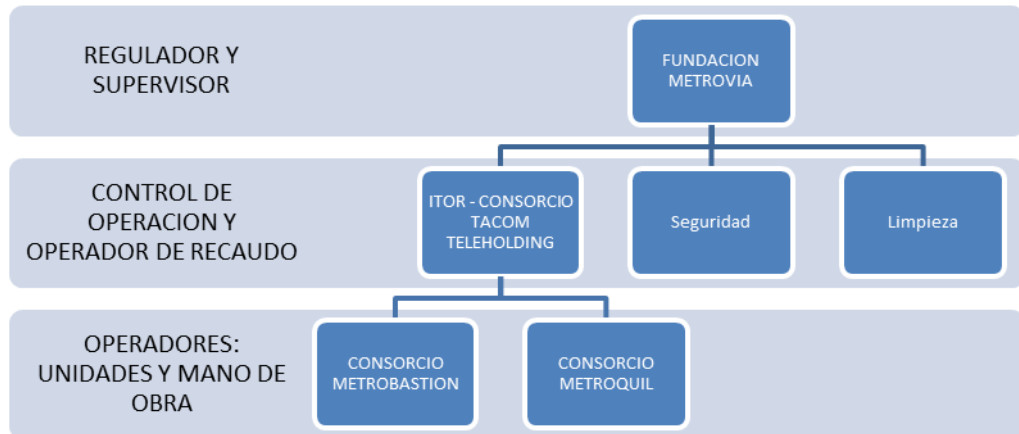
LUNES A SABADO: 05H00 A 23H00

DOMINGOS Y FERIADOS: 06H00 A 22H00

7.1.1 Operación del Sistema

La operación del sistema METROVIA es un sistema de transporte masivo cuya gestión y supervisión depende es de la FUNDACION METROVIA, misma que ha implementado la siguiente estructura operativa:

Grafico 16: Operación del sistema



Fuente y Elaboración: Metrovia

La Fundación METROVIA, con el objeto de que las distintas actividades u operaciones que conforman un sistema de transporte integrado masivo, sean ejecutadas por empresas especialistas en cada área, realizó concursos para concesionar cada una de ellas.

Para la operación del servicio de transporte se adjudicó la Troncal 1: Guasmo – Rio Daule al Consorcio Metroquil, y para la Troncal 3: Bastión Popular – Centro se adjudicó al Consorcio Metro Bastión.

Para la operación del sistema de recaudo (sistema de control de ingresos de las tarifas) y del control de la operación del servicio de transporte (unidades) se otorgó un contrato al Consorcio TACOM TELEHOLDING, que inició su operación desde el mes de Junio de 2006.

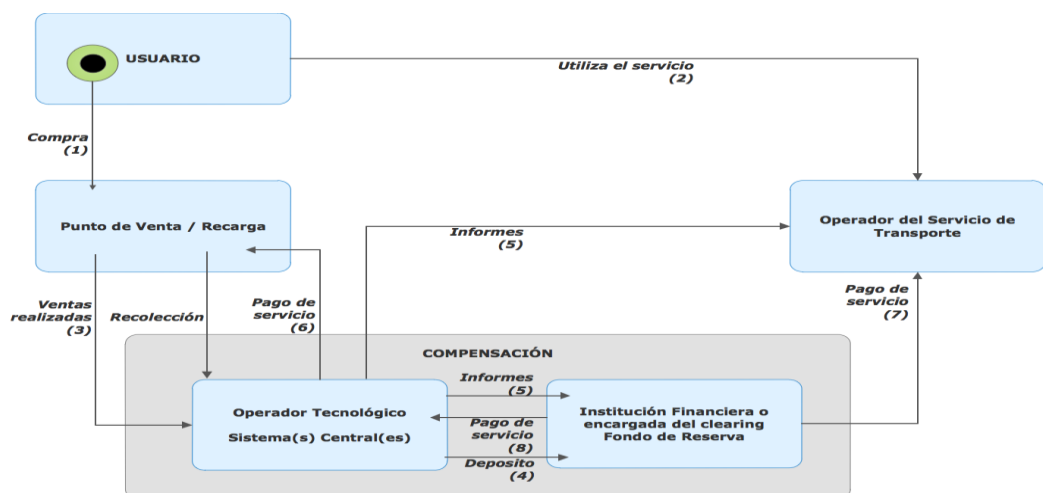
7.1.2 Sistema de Recaudo TACOM

Es el responsable de la implementación del sistema de cobro con tarjeta sin contacto, y de los procesos de conciliación de los ingresos y reportes de pago del Sistema Metrovia.

En lo concerniente a los PROCESOS implementados, se puede observar que las operadoras Consorcio METROQUIL y METROBASTION sólo tienen injerencia en el proceso de cobro de tarifa en las unidades alimentadoras utilizando la tecnología del Consorcio Tacom Teleholding, ya que toda la responsabilidad del control del sistema de recaudo es de éste último consorcio, proceso que se describe a continuación.

El Sistema de Recaudo del Sistema METROVIA tiene el siguiente proceso:


Gráfico 17: Sistema de Recaudo



Fuente y Elaboración: Metrovia

Se utiliza Tarjetas Inteligentes sin Contacto (smartcard), así como dinero en efectivo. Las tarjetas pueden ser generales, como personalizadas, existiendo distintas tarjetas personalizadas acorde a las condiciones del usuario:

Gráfico 18: Tarjetas Metrovia

DISEÑO	TIPOS DE TARJETA	USO
	General	Tarjeta Recargable que puede ser personalizada con sus datos. Le permite adquirir los pasajes que desee en una sola compra.
	Estudiante	Tarjeta Recargable que otorga los beneficios de ley (50% de descuento en el valor de la tarifa de transporte). Si usted es un estudiante debe personalizar su tarjeta para obtener los beneficios , presentando copia de matrícula del año lectivo vigente y partida de nacimiento. Sólo el estudiante dueño de la tarjeta puede utilizarla.
	Tercera Edad	Tarjeta Recargable, que otorga los beneficios de ley (50% de descuento en el valor de la tarifa de transporte). Si usted es una persona de la tercera edad debe personalizar su tarjeta para obtener los beneficios , presentando los documentos requeridos. La tarjeta no puede ser utilizada por otro usuario.
	Movilidad Reducida	Tarjeta Recargable que otorga los beneficios de ley (50% de descuento en el valor de la tarifa de transporte).Para obtener estos beneficios la tarjeta debe ser personalizada con los documentos requeridos. No puede ser utilizada por otro usuario.
	No Vidente	Tarjeta Recargable que otorga los beneficios de ley (100% de descuento en el valor de la tarifa de transporte).Para obtener estos beneficios la tarjeta debe ser personalizada con los documentos requeridos. No puede ser utilizada por otro usuario.

Fuente y Elaboración: Metrovia

Se debe mencionar que la Fundación Metrovia ha determinado como política del Sistema, que todo aquel usuario que tenga acceso a una tarifa con descuento o beneficios (tercera edad, estudiante, discapacitado, etc.), debe contar con su tarjeta Metrovía para acceder a este descuento. Las Tarjetas Metrovía se entregan y personalizan en 5 puntos distintos a lo largo del Sistema Metrovia, ubicados en: Terminal Rio Daule, Terminal Bastión Popular, Terminal Guasmo, Parada IESS, Parada Univ. Guayaquil. También se han realizado convenios con escuelas, colegios, y empresas para carnetizar in situ a los usuarios.

El registro del pago de las tarifas se realiza en los buses alimentadores a través de un validador instalado a la entrada de las unidades, que está conectado a torniquete.

En la ruta troncal, el registro se hace en las paradas de pre-embarque, a través del pago en efectivo en la taquilla (el taquillero habilita el torniquete) o a través de la presentación de la Tarjeta sin contacto directamente en el validador instalado en cada torniquete.

Estos registros, se procesan por el sistema de billeteaje del Consorcio TACOM TELEHOLDING – CTT, generando de forma posterior los reportes respectivos, que permiten identificar de forma detallada los puntos de ingreso del dinero, valores, horas, fechas, etc.

El dinero en efectivo recibido en cada una de las taquillas, se procede a entregar a la institución financiera encargada del FIDEICOMISO del Sistema Metrovia, con un cierre (se realizan 3 cierres cada día) y una liquidación de caja del turno; ingresando el dinero en valijas entregadas por la institución financiera que son cerradas con sellos numerados.

Estas valijas, que son retiradas en cada una de las taquillas en dos horarios (14h00 a 16h00; y 18h00-20h00), se remiten a la Institución Bancaria (BANCO DE GUAYAQUIL) para que sea contabilizado el dinero de cada una de ellas, y generar el reporte respectivo.

La información referente a lo recolectado por concepto de venta de pasajes, se remite a los diferentes actores acorde a las siguientes instrucciones:

Cuadro 15: cuadro de operación

INFORME/ REPORTE	CONTENIDO	RESPONSAB LE	EMISION	OBSERVACIONES
<p>Reporte#1: Levantamiento de Recaudo y Utilización en Paradas</p>	<p>Información relativa a la cantidad de pasajes vendidos en efectivo, y de créditos en la Tarjeta Metrovia. Información relativa a la cantidad de pasajes efectivamente utilizados en el Sistema Metrovia, tanto en efectivo como con Tarjeta</p>	<p>ITOR</p>	<p>Hasta las 12h00 del día siguiente de la venta realizada</p>	<p>Informa la totalidad de dinero que ingresó al Sistema Metrovía. Informa la totalidad de pasajes utilizados en el Sistema Metrovia, detallando si fue en efectivo o con tarjeta, y acorde al tipo de usuario (general, estudiante, tercera edad, discapacitado, etc.)</p>
<p>Reporte #2 Reporte de Ingresos/Faltan</p>	<p>Información relativa a los valores (dinero)</p>	<p>FIDEICOMISO</p>	<p>Hasta las 12h00 del 2do día</p>	<p>Remite en detalle la cantidad de dinero por valija (3 valijas</p>

tes	efectivamente recibidos por la Institución Financiera, acorde a lo contabilizada en las valijas retiradas de las paradas		después de retirado el dinero en taquillas.	por taquilla, debido a los 3 turnos) recibido en la institución financiera, detallando los faltantes o sobrantes acorde a la información presentada en el Reporte #1.
Reporte #3: Reporte de Pago	Información relativa a los valores que debe acreditarse a cada uno de los actores del Sistema Metrovia, acorde a la prelación indicada en el Fideicomiso.	ITOR	Hasta las 12h00 del 3er día después de recibir el dinero en taquilla.	La prelación del Fideicomiso indica que deben restarse las multas a cada operador, acorde a lo indicado por la Fundación Metrovia, y posterior a eso se hace la liquidación acorde a la fórmula de reparto determinada por los actores y aprobada por la Fundación. Cabe indicar que el pago al CTT es del 8,5% de lo efectivamente

				utilizado en el sistema, y que es ese operador quien asume los faltantes de dinero en caso de existir.
--	--	--	--	--

Fuente: Metrovía

Elaboración: Propia

En base a esta información y reportes, se procede a realizar la liquidación de los valores respectivos, mismos que se acreditan por parte de la Institución Financiera en las cuentas respectivas.

Se debe mencionar que el Consorcio Tacom Teleholding obtuvo una Certificación ISO: 9001 que acredita su Sistema de Billetaje (Recaudo), en las Troncales Guasmo- Rio Daule, y Bastión Popular – Centro.

El sistema de recaudo permite generar una serie de reportes para conocer el funcionamiento del sistema, entre los que encontramos:

- Levantamiento de Recaudo por Paradas y Líneas Alimentadoras
- Levantamiento de Recaudo por Franjas Horarias (tiempo mínimo 15 minutos)
- Levantamiento de Recaudo por Tipo de Usuario, Periodo de Tiempo (días, semanas, meses)
- Utilización en Paradas y Líneas Alimentadoras
- Utilización por franjas horarias

- Utilización por tipo de usuario, periodo de tiempo
- Utilización por unidad (buses alimentadores)
- Utilización por Validador /Torniquete
- Saldos en Tarjetas Metrovia
- Utilización en Tarjetas Metrovia (por tarjeta, por fecha, por parada)

En lo relativo a otros aspectos de la Tecnología (además del sistema de recaudo), estas operadoras, bajo la definición y regulación de la Fundación Metrovía, cuenta también con un software de Gestión de Flotas, responsabilidad también del ITOR – Consorcio Tacom Teleholding, que utiliza dispositivos GPS instalados tanto en las buses articulados como en las unidades alimentadoras. El seguimiento se realiza desde el Centro de Monitoreo, y cuentan además con comunicación vía radio con todas las unidades.

Este sistema de gestión permite:

- a. Conocer ubicación de las unidades en tiempo real.
- b. Controlar el cumplimiento de salidas acorde al itinerario programado
- c. Obtener información relativos a listado de conductores
- d. Obtener información respecto a los tiempos de viaje, kilómetros recorridos, unidades utilizadas en el día.
- e. Reportes relativos a excesos de velocidad, accidentes o incidentes a lo largo del día.
- f. Generar reportes de índices operacionales, para mejor gestión futura.

7. 2 El Sistema de Cobro electrónico y el Modelo Costo –Eficacia

Conforme lo abordado anteriormente en la descripción de Metrovia y lo visto en el capítulo 5, la matriz de eficacia es constituida por los objetivos a ser alcanzados (G_n), las opciones de proyectos (P_n), la eficacia de cada opción en relación a cada objetivo (e_{mn}) y los factores de ponderación (U_n) representando el peso de cada objetivo sobre la eficacia total del sistema. En el caso de un sistema de cobro electrónico la análisis de estudios existentes llevo a la conclusión de nueve objetivos (G1 a G9), siendo:

G1 = Reducción del tiempo de viaje

G2 = Aumento de la seguridad

G3 = reducción del costo de mantenimiento del sistema de cobro

G4 = Aumento de la Demanda

G5 = Posibilidad de Reducción de la Tarifa

G6 = Reducción de la Evasión de la Tarifa

G7 = Agregación de Nuevos Servicios

G8 = Reducción del Costo con recolección de Datos

G9 = Reducción del costo para empleadores que fornecen los tickets.

Se observa que los objetivos 4 y 5 son resultantes de la desegregación de aumento de la flexibilidad de la política tarifaria, debiendo ser considerados individualmente debido a los grupos sobre los cuales ejercen influencia.

El número de opciones, entretanto, sería resultado de la combinación entre diferentes posibilidades de características físicas y operacionales, además de la existencia o no de la intención de ejecución de medidas adicionales posteriores a la implantación del cobro electrónico.

Así, se presenta a seguir las posibles opciones a ser consideradas para la evaluación de las eficacias, en función de los objetivos ya descritos. Como referencia para la determinación de los índices de eficacia (emn) de cada opción del cobro electrónico, será considerada como P1 el sistema de cobro manual. Ya las opciones P2 a P11 representan el desmembramiento de la opción por utilizarse el AFC, o las opciones elementares para formar las posibles combinaciones constituyentes del sistema.

P1 = Sistema de cobro convencional

P2 = Operación en tráfico mixto

P3 = Operación en vía exclusiva

P4 = Operación en vía exclusiva sin permiso para rebasar.

P5 = Operación en vía exclusiva con permiso para rebasar

P6 = Cobro de tarifa solamente a través de smart cards

P7 = Actualización de validez de boletos en tiempo real (wireless de largo alcance)

P8 = Eliminación del cobrador

P9 = Implantación de la política tarifaria que incentive al aumento de la demanda

P10 = Implantación de la política tarifaria que incentive la reducción del costo de viaje para los usuarios.

P11 = Implantación de sistemas complementares (como el AVL, por ejemplo)

La consulta realizada a especialistas y estudiosos del sector de transportes llevaron a la conclusión que la determinación de los indicadores de eficacia sería mejor realizada si el proceso fuese efectuado en dos fases, sin embargo en el Ecuador al solo existir dos sistemas tipo BRT y sus diferencias en los sistemas de cobro utilizado se vuelve imposible analizarlos así. De esta forma solo se analizará una primera fase que consiste en la obtención de los indicadores específicos de la eficacia, representando el nivel de impacto de la aplicación de una opción para un dato objetivo y que aquí se denomina Sij.

La segunda fase se referiría al grado de relevancia de la implantación de cada opción con relación a cada objetivo, pero considerándose también el nivel de impacto sobre la movilidad. Estos indicadores son denominados mij.

Para este caso específico se vuelve innecesaria la elaboración de dos matrices de eficacia, sin embargo para futuros estudios o como fuentes de consulta se expondrán las tablas 1 y 2 a seguir.

Tabla 1 de Eficacia Especifica del Sistema de Cobro electrónico.

Ponderación	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	Utilidad Total de cada opción
	Reducción del Tiempo de viaje	Aumento de la seguridad	Reducción del Costo de Mantenimiento del Sistema de Cobro	Aumento de la Demanda	Reducción de la Evasión tarifaria	Posibilidad de reducción de la Tarifa	Agregación de nuevos Servicios	Reducción del costo con recolección de datos	Reducción del costo para Empleadores que suministran el Ticket-Transporte.	
sistema de cobro convencional	S1 1	S1 2	S1 3	S1 4	S1 5	S1 6	S1 7	S1 8	S1 9	S1
operación de Trafico mixto	S2 1	S2 2	S2 3	S2 4	S2 5	S2 6	S2 7	S2 8	S2 9	S2
operación en vía exclusiva	S3 1	S3 2	S3 3	S3 4	S3 5	S3 6	S3 7	S3 8	S3 9	S3
Operación en vía exclusiva sin permiso para rebasar.	S4 1	S4 2	S4 3	S4 4	S4 5	S4 6	S4 7	S4 8	S4 9	S4
Operación en vía exclusiva con permiso para rebasar	S5 1	S5 2	S5 3	S5 4	S5 5	S5 6	S5 7	S5 8	S5 9	S5
Cobro de tarifa solamente a través de smart cards	S6 1	S6 2	S6 3	S6 4	S6 5	S6 6	S6 7	S6 8	S6 9	S6
Actualización de validez de boletos en tiempo real (wireless de largo alcance)	S7 1	S7 2	S7 3	S7 4	S7 5	S7 6	S7 7	S7 8	S7 9	S7
Eliminación del cobrador	S8 1	S8 2	S8 3	S8 4	S8 5	S8 6	S8 7	S8 8	S8 9	S8
Implantación de la política tarifaria que incentive al aumento de la demanda	S9 1	S9 2	S9 3	S9 4	S9 5	S9 6	S9 7	S9 8	S9 9	S9
Implantación de la política tarifaria que incentive la reducción del costo de viaje para los usuarios	S10 1	S10 2	S10 3	S10 4	S10 5	S10 6	S10 7	S10 8	S10 9	S10
Implantación de sistemas complementares	S11 1	S11 2	S11 3	S11 4	S11 5	S11 6	S11 7	S11 8	S11 9	S11

Tabla 2 de Eficacia Relativa a la Movilidad del Sistema de Cobro electrónico.

Ponderación	u1	u2	u3	u4	u5	u6	u7	u8	u9	
	Reducción del Tiempo de viaje	Aumento de la seguridad	Reducción del Costo de Mantenimiento del Sistema de Cobro	Aumento de la Demanda	Reducción de la Evasión tarifaria	Posibilidad de reducción de la Tarifa	Agregación de nuevos Servicios	Reducción del costo con recolección de datos	Reducción del costo para Empleadores que suministran el Ticket-Transporte.	Utilidad Total de cada opción
sistema de cobro convencional	m1 1	m1 2	m1 3	m1 4	m1 5	m1 6	m1 7	m1 8	m1 9	M1
operación de Trafico mixto	m2 1	m2 2	m2 3	m2 4	m2 5	m2 6	m2 7	m2 8	m2 9	M2
operación en vía exclusiva	m3 1	m3 2	m3 3	m3 4	m3 5	m3 6	m3 7	m3 8	m3 9	M3
Operación en vía exclusiva sin permiso para rebasar.	m4 1	m4 2	m4 3	m4 4	m4 5	m4 6	m4 7	m4 8	m4 9	M4
Operación en vía exclusiva con permiso para rebasar	m5 1	m5 2	m5 3	m5 4	m5 5	m5 6	m5 7	m5 8	m5 9	M5
Cobro de tarifa solamente a través de smart cards	m6 1	m6 2	m6 3	m6 4	m6 5	m6 6	m6 7	m6 8	m6 9	M6
Actualización de validez de boletos en tiempo real (wireless de largo alcance)	m7 1	m7 2	m7 3	m7 4	m7 5	m7 6	m7 7	m7 8	m7 9	M7
Eliminación del cobrador	m8 1	m8 2	m8 3	m8 4	m8 5	m8 6	m8 7	m8 8	m8 9	M8
Implantación de la política tarifaria que incentive al aumento de la demanda	m9 1	m9 2	m9 3	m9 4	m9 5	m9 6	m9 7	m9 8	m9 9	M9
Implantación de la política tarifaria que incentive la reducción del costo de viaje para los usuarios	m10 1	m10 2	m10 3	m10 4	m10 5	m10 6	m10 7	m10 8	m10 9	M10
Implantación de sistemas complementares	m11 1	m11 2	m11 3	m11 4	m11 5	m11 6	m11 7	m11 8	m11 9	M11

Ejemplificado, se considera la existencia de dos proyectos de transporte y que se desea aplicar el que más aumente la movilidad de las personas, siendo que el primero contempla simplemente la adopción de un AFC que posibilita la adopción de las opciones P6,P9 y P10 operando en trafico mixto. El segundo proyecto consiste en la utilización de otro tipo de sistema de cobro electrónico más simple, lo cual permite la adopción de las opciones P8 y P11, también operando en tráfico mixto.

Como ambos los proyectos poseen el mismo costo el análisis se basa en el cálculo de la eficacia total de cada uno, siendo el primero igual a $M2+M5+M9+M10$ y a la del segundo igual a $M2+M8+M11$.

Para el caso de resultados muy próximos, en los cuales se juzga despreciable la diferencia entre las eficacias totales obtenidas, se utiliza la tabla de eficacia específica de manera análoga a la ya presentada. Para este caso, deberán ser comparadas los resultados de $S2+S6+S9+S10$ con la suma $S1+S8+S11$.

7.3 Consideraciones sobre la Metodología Propuesta

Se observa que la cantidad de estudios de evaluación existentes y obtenidos en la etapa de revisión bibliográfica es insuficiente para transformar los impactos cuantificados en parámetros adimensionales ($0 \leq e_{mn} \leq 1$) con precisión adecuada. Como los métodos ya presentados para este proceso se basan en interpolación, sería peligrosamente impreciso ejecutarlo con apenas uno o dos resultados. Se puede entretanto obtener los parámetros u_j , s_{ij} y m_{ij} a través de la aplicación de un cuestionario a grupos predefinidos como será mostrado más adelante.

Así esta tesis, se trata de una investigación que se limita a alcanzar el objetivo principal que consiste en la comprobación del aumento de la movilidad a través de la metodología de evaluación de proyectos de implantación de cobro electrónico en transporte público BRT con el grado de profundidad presentado.

7.4 Aplicación de la metodología de determinación de la Eficacia del AFC

Como ya se menciona en el capítulo 6, la inexistencia de una gran variedad de estudios sobre la eficacia o los beneficios del sistema de cobro electrónico en el Ecuador podría llevar a resultados incorrectos, no precisos si aplicamos a partir de la interpolación de valores.

El presente capítulo describe la aplicación de un cuestionario para la obtención de los índices de eficacia específico y relativo a la movilidad en función de la opinión de especialistas y estudiosos del sector de transportes. El cuestionario completa esta presentado en el Anexo 1 de esta Tesis.

7.5 Resultados de la Investigación.

La selección del grupo de profesionales que respondieron el cuestionario se basó en tres requisitos fundamentales:

- Trabajar o participar de estudios en el sector transporte.
- Conocer aspectos operacionales de los transportes públicos
- Conocer los conceptos de movilidad y accesibilidad urbana .

Estos requisitos tuvieron como objetivo intentar limitar las respuestas a un grupo capaz de proporcionar resultados con menor dispersión y mayor precisión técnica.

A pesar de generar cierta tendencia, se cree que mediante esta forma fue posible evitar la participación de personas que no comprenden todos los conceptos y especificidades operacionales envueltas.

Un total de 150 cuestionarios fueron enviados, a profesores, representantes de empresas relacionadas en la fabricación de equipos AFC, consultores, técnicos, los resultados son usados para la elaboración de los análisis clasificados conforme el cuadro 16.

Cuadro 16.

Tipo de profesional	Numero y Localización
Consultores y Especialistas	10; siendo 5 de Quito , 5 de Guayaquil
Profesores	10; Quito
Fabricantes de Equipos	5; Brasileñas
representantes del Sector Publico	10; 6 del MTOP ,4 de la ANRCTTTSV
Operadores de Bus	5; Guayaquil

Elaboración: propia

Fuente: Propia

Con los resultados debidamente tabulados fueron calculados los resultados de ponderación u_j de acuerdo con el cuadro 13; representado la frecuencia relativa de los objetivos.

7.6 Calculo de los Factores de Ponderación

Cuadro 17 Factores de Ponderación

Objetivos	Especialista1	Especialista1	...	Especialista1	Puntuación Total	Factor de ponderación final.
reducción de Tiempo de Viaje	F11	F12	...	F1J	FT1	u1
Aumento de la Seguridad	F21	F22	...	F2J	FT2	u2
Reducción del costo de mantenimiento del sistema de cobro	F31	F32	...	F3J	FT3	u3
Aumento de la demanda	F41	F42	...	F4J	FT4	u4
Posibilidad de reducción de la Tarifa	F51	F52	...	F5J	FT5	u5
Reducción de evasión de la tarifa	F61	F62	...	F6J	FT6	u6
Agregación de Nuevos servicios	F71	F72	...	F7J	FT7	u7
Reducción del costo de recolección de datos	F81	F82	...	F8J	FT8	u8
Reducción del costo para empleadores que venden el Ticket transporte.	F91	F92	...	F9J	FT9	u9

Donde:

$$F_{Ti} = \sum_{n=1}^j F_{in}$$

Ecuación 1

$$u_i = \frac{F_{Ti}}{\sum_{n=1}^9 F_{Tn}}$$

Ecuación 2

Ya el cálculo de los índices de eficacia específico y relativo a la movilidad sigue un procedimiento más simple, limitado a la determinación de la media aritmética para cada S_{ij} y m_{ij} respondido por los especialistas.

El resultado puede ser observado en los cuadros 14 y 15 que presentan también los factores de ponderación anteriormente descritos. La utilidad Total de opción (Si o Mi) fue obtenida de acuerdo con la Ecuación 13 a continuación:

$$S_i = \sum_{n=1}^j u_n \times s_{in}$$

Ecuación 13

Esta expresión esta valida también para la eficacia relativa a la movilidad, donde Si es substituido por Mi y análogamente Sin por min. Cabe resaltar que no fue efectuada ninguna normalización de los índices.

Tabla 3 de Eficacia Especifica del Sistema de Cobro Electrónico de acuerdo con los especialistas

Ponderación	0.10	0.11	0.08	0.12	0.20	0.14	0.09	0.12	0.04	
	Reducción del Tiempo de viaje	Aumento de la seguridad	Reducción del Costo de Mantenimiento del Sistema de Cobro	Aumento de la Demanda	Reducción de la Evasión tarifaria	Posibilidad de reducción de la Tarifa	Agregación de nuevos Servicios	Reducción del costo con recolección de datos	Reducción del costo para Empleadores que suministran el Ticket- Transporte.	Utilidad Total de cada opción
sistema de cobro convencional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
operación de Trafico mixto	2.0	2.0	1.2	3.0	2.0	0.4	0.4	1.8	1.0	1.53
operación en vía exclusiva	3.6	3.8	3.0	3.2	4.1	3.2	1.6	0.8	1.0	2.70
Operación en vía exclusiva sin permiso para rebasar.	3.8	4.2	3.8	3.2	4.8	2.6	1.0	1.0	0.8	2.81
Operación en vía exclusiva con permiso para rebasar	4.2	4.6	4.0	4.0	4.1	3.2	2.4	2.4	1.8	3.41
Cobro de tarifa solamente a través de smart cards	2.4	3.8	3.6	3.7	2.6	2.2	1.6	1.8	2.0	2.63
Actualización de validez de boletos en tiempo real (wireless de largo alcance)	1.2	1.2	2.2	2.6	3	1.0	1.0	0.8	0.8	1.53
Eliminación del cobrador	3.2	3.6	4.0	4.0	4.6	3.8	2.0	1.2	0.8	3.02
Implantación de la política tarifaria que incentive al aumento de la demanda	2.4	3.2	4.0	5	5	1.4	1.8	2.2	1.6	2.96
Implantación de la política tarifaria que incentive la reducción del costo de viaje para los usuarios	2.8	4.2	3.6	4	4.8	2.2	2.4	2.2	1.0	3.02
Implantación de sistemas complementares	2.0	2.0	1.8	3.2	4	1.6	2.2	1.6	0.8	2.13

7.7 Consideraciones sobre la Aplicación de la Metodología Propuesta.

La aplicación descrita en la sección anterior exige la participación directa de diversos profesionales del sector, que colaboraron para la elaboración de la encuesta, presentado en el Anexo 1 de esta tesis.(Encuesta de Wallace)

La dificultad de transmitir los conceptos del sistema de cobro electrónico y la movilidad urbana de forma clara exigió la creación de seis versiones preliminares de encuestas, que posteriormente fueron descartadas y acogidas las preguntas realizadas por Wallace (2007). Otro problema superado con dificultad fue el deseo de evitar la influencia de los investigadores y los fabricantes a las respuestas que pudieran generar una tendenciosidad en los resultados, ya que el cuestionario fue acompañado de un resumen de las posibles mejoras en el desempeño del sistema de transportes resultantes de la aplicación del AFC.

Así mismo resulta importante recalcar que la presente metodología fue aplicada por primera vez en el Ecuador , debido a este motivo tuvo una gran problemática referente a la ausencia nacional de técnicos con conocimiento en sistemas de cobro electrónico , por lo que tuvo que ser suplida con fabricantes internacionales que pudieron generar una tendencia en relación a su producto.

CAPITULO VIII

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Luego de haber concluido el presente trabajo investigativo concluimos que:

Los sistemas con mayor eficacia son aquellos que substituyen completamente al cobro manual por el electrónico, además de que muestra tener mayor eficacia cuando se aplica en carriles exclusivos como es el caso de metrovia en el cual la reducción de tiempos de embarque al poseer paradas definidas en estaciones son mejor aprovechadas.

El sistema resulta también ser beneficioso cuando existe una política de implementación tarifaria, como es el caso de metrovia que aplica una tarifa diferenciada solamente con el uso de tarjetas incentivando de esta forma el aumento de la demanda y la reducción del costo de viaje.

En cuanto a los factores de ponderación, es posible percibir a través de la Tabla 3 , que el grado de relevancia de los objetivos “Aumento de la demanda”, “Reducción de la evasión tarifaria” y “posibilidad de reducción de la tarifa “, convergen con los más altos índices de eficacia observados para sistemas de cobro electrónico que posibilitan tarifas diferenciadas, menor evasión y mejor control en las tarifas resaltando la importancia del AFC para mejoría del sistema de transportes tanto para el estado como para los operadores y el potencial que tiene para afectar el aumento de la demanda.

Esta tesis posee varios puntos muy relevantes entre los cuales se resalta la propuesta para evaluar el costo beneficio en sistemas de transporte masivo, así como también la propuesta de información para los tomadores de decisiones en políticas de gestión del transporte relacionadas con el cobro electrónico.

También resulta ser innovadora, debido a que la mayoría de análisis que se realizan en los proyectos tienen que ver con el costo-beneficio, o el costo político dejando a un lado la eficacia de la implantación de un sistema, de esta forma contribuimos con los municipios y sus empresas públicas de movilidad o sus unidades de tránsito y transporte, brindándoles una herramienta que permite el constante análisis de un sistema implantado, ya que con las debidas consideraciones esta metodología puede evaluar la eficacia de sistemas semafóricos o sistemas inteligentes de transporte.

La presente metodología tuvo un alcance capaz de determinar los principales índices de eficacia que sirvieron para formar la matriz y la aplicación del modelo respectivo, de la misma forma la limitación más grande a ser considerada es que en el Ecuador no existe una política determinada en torno a los sistemas de cobro electrónico, lo que ha causado gran variedad de los mismos en el mercado. Esa variedad interfiere con el desarrollo de las matrices por lo cual resultaría muy impreciso utilizar la presente metodología para comparar dos sistemas con tecnologías diferentes (Trolebus-Metrovia).

8.2 Recomendaciones

A partir de la presente investigación, surgen inquietudes una de ellas radica en la falta de información para que las autoridades realicen la correcta la toma de decisiones en los sistemas y modelos de cobro electrónico a implementar.

De esta surge la recomendación de realizar este tipo de análisis antes y después de la operación, para de esta forma tener un monitoreo continuo para poder llevar un verdadero registro de información.

Impulsar el uso de esta metodología para tener elementos en la ayuda de implementar y evaluar sistemas de cobro electrónicos, para que de esta forma la misma se convierta en una herramienta de análisis y evaluación continua.

Los resultados obtenidos deben interpretarse adecuadamente, teniendo en cuenta cierta tendencia que puede ser producida por los especialistas, en especial con los fabricantes de los equipos.

Difundir el contenido de esta investigación a fin de despertar interés en la constante evaluación de proyectos a implementarse, ya que la tendencia y según la LOTTSV, es que todas las operadoras trabajen con sistemas de caja común, que involucra el uso de sistemas de cobro electrónico.

BIBLIOGRAFIA

CAL Y MAYOR, R., & CÁRDENAS, J. (2007). Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones. México: Alfa omega.

EDUARDO ALCÂNTARA VASCONCELLOS (2007). Análisis de la movilidad urbana, espacio medio ambiente y equidad.

OFFICIAL., A. A. (s.f.). Public Roads of the Past. PUCE. (2010-2012). Bibliografía recibida durante la Maestría de Transporte. Quito.

AYUNTAMIENTO DE BARCELONA, 2003, Pacto por la Movilidad, Barcelona – Memória de Gestión 1998 – 2002.

ANRCTTTSV/VERA & ASOCIADOS, 2010, Estudio de taxis ejecutivos en el Ecuador.

AQUINO, W., 1975, O Uso de Custo-Eficácia para Avaliação de Impactos de Estradas Vicinais. M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

WALLACE, P., 2007, O uso de sistemas inteligentes para o aumento da eficácia do transporte público por ônibus: O sistema de bilhetagem eletrônica M. Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

AQUINO, W., AQUINO, N. B., PEREIRA, W. F., 2001, “Considerações sobre o uso de ITS”, Revista dos Transportes Públicos, nº 91, pp. 33 – 38.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU, 1999, “Vale Transporte e Velocidade Comercial dos Ônibus Urbanos”,

NTUrbano, nº 66, pp. 5.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU, 2003, Panorama Geral da Arrecadação Automática de Tarifas nos Sistemas de Transporte Público Brasileiros.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU, 2005, Anuário 2004/2005.

CENTRAL/LOGIT-OFFICINA-JGP, 2005, Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

COBAIN, P., 2004, "Reasons for the Development of Electronic Ticketing Systems and Evidence from Implemented Schemes". 7th UITP International Conference on Automatic Fare Collection Towards a Single Market for Fare Collection, Bologna, Italy, 4 – 6 February.

COHEN, E., 2000, Avaliação de Projetos Sociais, 7ª Edição, São Paulo, Ed. Vozes.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2001, European Transport Policy for 2010: time to decide.

CONCEIÇÃO, G. W., 2006, A Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental da Inserção do Gás Natural Veicular em Frotas do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros. M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Rj, Brasil.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO

SUSTENTÁVEL, 2004, Mobilidade 2030: Vencendo os desafios da sustentabilidade – Panorama Geral 2004.

CONTADOR, C. R., 1981, Avaliação Social de Projetos, capítulo 2, São Paulo, Ed. Atlas.

DANTAS, E. H., 2005, Avaliação da Percepção da Qualidade dos Modos de Transporte Urbano, do Ponto de Vista do Usuário Idoso de Copacabana. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

DINNING, M., 1996, Benefits of Smart Cards in Transit. In: Metropolitan Application of Automatic Fare Collection, Volpe National Transportation Systems Center.

ENGLISH, M. J., 1968, Cost Effectiveness – The Economics Evaluation of Engineered Systems. New York – John Wiley and Sons.

ERTICO, 2002, Intelligent Transport Systems and Services – Part of Everyone's Daily Life.

ERTICO, 2003, Public Authorities Platform – First Edition.

FARO, C., 1971, Critérios Quantitativos para Avaliação e Seleção de Projetos de Investimentos, Monografia, IPEA/INPES, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 1995, Advanced Public Transport Systems Benefits – Metropolitan Application.

FOOTE, P. J., STUART, D. G., 2000, "Impacts of Transit Fare Policy Initiatives Under an Automated Fare System", *Transportation Quarterly*, v. 54, nº 3, pp. 51-66.

FOOTE, P. J., STUART, D. G., 2002, "Testing Customer Acceptance of SmartCards at the Chicago Transit Authority". 81st Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, DC, USA, 13-17 January.

GAWLEY, P., 2004, "Expanding the Use of Contactless Ticketing through low-cost Functionality on Disposable Cards". 7th UITP International Conference on Automatic Fare Collection Towards a Single Market for Fare Collection, Bologna, Italy, 4 – 6 February.

GIL, A. C., 1989, *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*, Atlas, São Paulo.

GOEDEL, D., 1996, *Benefits Assessment of Advanced Public Transportation Systems*. In: *Metropolitan Application of Automatic Fare Collection*, Volpe National Transportation Systems Center.

GOMIDE, A. A., 2003, *Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas*. In: *Texto para Discussão*, IPEA, nº 960, Brasília.

HILL, M., 1967, *A Method for the Evaluation of Transportation Plans – Highway Research Record*. Nº 180 Washington – Highway Research Board.

IBI GROUP, 1996, *Regional Fare and Technology Coordination for Central Puget Sound – Phase I, Feasibility Study*.

ITRANS, 2003, *Mobilidade e Pobreza – Relatório Preliminar*.

ITS JAPAN, 1999, System Architecture for ITS in Japan.

JESSIMAN, W., 1967, A Rational Decision Making Technique for Transportation Planning – Highway Research Record. Nº 180 Washington – Highway Research Board.

LISBOA, R. M. C., 1979, O Processo de Decisão e Fatores de Maior Influência na Escolha Modal: Estudo Aplicado às Viagens entre Nova Iguaçu e Rio de Janeiro. M.Sc., PUC-RJ, Rio de Janeiro, Brasil.

MATTAR, F. N., 1993, Pesquisa de Marketing: Metodologia, Planejamento, Execução, Análise, Atlas, São Paulo.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004, Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável – Princípios e Diretrizes. MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005, Mobilidade e Política Urbana: Subsídios para uma Gestão Integrada.

MITRETEK SYSTEMS, 2001, Intelligent Transportation Systems Benefits: Data Needs Update.

MONTEIRO, A. G., 1998, Estratégia de Redução de Emissões de Poluentes no Setor de Transportes por meio de Substituição Modal na Região Metropolitana de São Paulo. M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MURALHA, M., 1990, Contribuição para Análise do Desempenho do Sistema de Transporte de Passageiros por Ônibus. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

PEREIRA, L. C., 1983, Avaliação do Desempenho de Sistemas de Transportes por Ônibus. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RODRIGUES, F. A. H., 1990, Uma Proposta Metodológica para a Avaliação do Desempenho de Sistemas Ferroviários Urbanos. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

ROSSITER, A. C., 1998, Contribuição Metodológica para Monitoração do Desempenho de Sistemas de Transporte Público por Ônibus. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SANTANA FILHO, A. R., 1984, Avaliação de Desempenho de Serviços de Ônibus Urbano do Ponto de Vista de Usuário. M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

SALGADO, J. C. M., 1995, Avaliação Econômica de Projetos de Drenagem e de Controle de Inundações em Bacias Urbanas, M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SCHIMPELER, C. C., GRECCO, W. L., 1968, Systems Evaluation: An Approach Based on Community Structure and Values – Highway Research Record. Nº 238 Washington – Highway Research Board.

SCHWENK, J., 1996, Using Credit Cards to Pay Bus Fares in Phoenix. In: Report DOT-TSC-FTA-96-01, Federal Transit Administration.

SILVA, M. R., GONÇALVES, R. C., SOARES, A. C. M., 2005, "Bilhetagem Eletrônica no Estado do Rio de Janeiro: Inovação Tecnológica Mundial". 15º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito. TP-167, Goiânia, Goiás, Brasil, 8-12 Agosto.

SIMON, J. L., 1969, Basic Research Methods in Social Sciences, Random House, New York.

SOUZA, H. H. H, 2001, Avaliação do Desempenho de Sistemas de Transporte Público Urbano sob a Ótica da Eficácia. M.Sc., IME, Rio de Janeiro, Brasil.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1998, Multipurpose Transit Payment Media – Report 32.

UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006, Evaluation of the Central Puget Sound Regional Fare Coordination Project – Final Report.

VUCHIC, V. R., 1981, Urban Public Transportation Systems and Technology, chapter 3, Prentice Hall.

WINFREY, R., ZELLNER, C., 1971, Summary and Evaluation of Economic Consequences of Highway Improvements – Report 122, Washington – Highway Research Board.

<www.ertico.com> (Intelligent Transportation Systems of Europe); Accesado el 12 de Enero de 2013

<www.its.dot.gov> (United States Department of Transportation – ITS Joint Program);

Accesado el 22 de Junio de 2012

<www.its-jp.org> (Intelligent Transportation Systems of Japan); acceso el 10 de

Octubre del 2012.

<www.ntu.org.br> (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos) ;);

acceso el 10 de Octubre del 2012

<www.ant.gob.ec> (Agencia Nacional de Tránsito-Resoluciones); Accesado el 23 de

Junio de 2012

<www.mtop.gob.ec> (Ministerio de Transporte); Accesado el 23 de Junio de 2012

ANEXO 1

Cuestionario usado para la matriz de eficacia (Wallace)

A continuación se presentan los objetivos principales del Sistema de Cobro electrónico usados para medir este estudio.

1. Clasifíquelos en orden de importancia de acuerdo a su criterio siendo 1 el más importante

- Reducción del tiempo de viaje ()
- Aumento de la seguridad ()
- Reducción del costo de mantenimiento del sistema de cobro ()
- Aumento de la Demanda ()
- Posibilidad de Reducción de la Tarifa ()
- Reducción de la Evasión de la Tarifa ()
- Agregación de Nuevos Servicios ()
- Reducción del Costo con recolección de Datos ()
- Reducción del costo para empleadores que fornecen los tickets. ()

2. Llene el siguiente cuadro, con una puntuación de 0 a 5 en los corchetes, siendo 0 la nota más bajo para el objetivo específico y 5 la más alta.(no califique con decimales)

- Sistema de cobro convencional ()
- Operación en tráfico mixto ()
- Operación en vía exclusiva ()
- Operación en vía exclusiva sin permiso para rebasar. ()
- Operación en vía exclusiva con permiso para rebasar ()

- Cobro de tarifa solamente a través de smart cards ()
- Actualización de validez de boletos en tiempo real (wireless de largo alcance) ()
- Eliminación del cobrador ()
- Implantación de la política tarifaria que incentive al aumento de la demanda ()
- Implantación de la política tarifaria que incentive la reducción del costo de viaje para los usuarios. ()
- Implantación de sistemas complementares (como el AVL, por ejemplo)()