**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL CALCULO DE OFERTA, DEMANDA Y OPERACIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO PARA EL CANTÓN RUMIÑAHUI

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

## INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR:**

**ANDRÉS RICARDO CARRILLO HERRERA**

**SANGOLQUÍ, MAYO DE 2013**

## EXTRACTO

El cantón Rumiñahui enfrenta una gran problemática con respecto al transporte público, especialmente en su interconexión con el Distrito Metropolitano de Quito, siendo las causales una serie de relaciones complejas, iniciándose con una falta de planificación del transporte en el área urbana y rural, la limitada priorización de construcción de obras viales, la falta de respeto al derecho vial, un control no adecuado, entre otras. El presente estudio proporciona el diagnóstico y una alternativa de solución a tal problema, realizando el cálculo de la oferta de transporte público en el cantón Rumiñahui, la demanda de viajes de la población del cantón Rumiñahui una vez procesados los datos de la encuesta domiciliaria Origen Destino y la encuesta de ocupación visual en buses de transporte público, con base a ello se realiza una proyección de viajes para cuantificar la demanda futura de viajes hasta el año 2025. Para los resultados de demanda futura de viajes, se presenta la alternativa de un sistema tronco alimentador que satisfaga la demanda, se define la ruta y las paradas en la línea troncal, se presenta dos alternativas tecnológicas para el nuevo Sistema de Transporte Público Masivo, una utilizando el Monorriel y otra utilizando el Tren de Cercanías, mostrando las principales ventajas y limitaciones de ambas alternativas.

## ABSTRACT

The county Rumiñahui faces a big problem regarding public transport, especially in its interconnection with the Metropolitan District of Quito, the grounds being a series of complex relationships, starting with a lack of transport planning in urban and rural areas, limited prioritizing construction of roads, lack of respect for the right road, improper control, among others.

The present study provides the diagnosis and an alternative solution to this problem, making the calculation of the provision of public transport in the canton Rumiñahui, travel demand of the population of the canton Rumiñahui after processing the survey data home Origin - Fate and visual occupancy survey of public transport buses, based on a projection of this is done to quantify travel future demand through 2025.

For the results of future travel demand, there is the alternative of a trunk feeder system to meet demand, defines the route and stops in the trunk, it has two alternative technologies for the new Mass Transit System, one using the Monorail, and one using the commuter train, showing the main advantages and limitations of both alternatives.

## 1. Introducción

El crecimiento del parque automotor y la carencia de vías alternas de descongestión en Rumiñahui provocan un caos vehicular en puntos críticos como el sector de `El Trébol_ en Quito, `El Peaje_, `El Triángulo_, `Parque Turismo_, `El Choclo_, el sector del Centro Comercial San Luis, ocasionando una fuerte contaminación ambiental e imposibilitando el desplazamiento y movilidad en el cantón y su conectividad hacia el Distrito Metropolitano de Quito, muestra de ello es que por la autopista Gral. Rumiñahui, según el Consejo Provincial de Pichincha se desplazan un volumen de 63.597 vehículos diarios, que circulan Quito - Valle de los Chillos - Quito, circulando en flujos inestables por la falta de capacidad vial para desalojarlos.

Por estos motivos es conveniente enfrentar el problema desde el punto de vista técnico e implementar el planteamiento de un nuevo sistema de transporte público masivo, para lograr este propósito se realizarán estudios de campo que fundamentalmente serán, estudios de demanda de transporte, a través de encuestas de origen-destino, puntos de ocupación visual, conteos vehiculares en sitios estratégicos del cantón, análisis de la oferta existente y de sus posibilidades de servicio.

## 2. Aspectos generales del cantón rumiñahui

El cantón Rumiñahui es uno de los ocho cantones que integran la provincia de Pichincha, se encuentra ubicado en el centro de la misma, en el Valle de los Chillos, al sur de la ciudad de Quito.

Rumiñahui se encuentra constituido dentro de su cabecera cantonal Sangolquí por tres parroquias urbanas: San Pedro de Taboada, San Rafael, la parroquia Matriz Sangolquí y dos parroquias rurales Cotogchoa y Rumipamba.

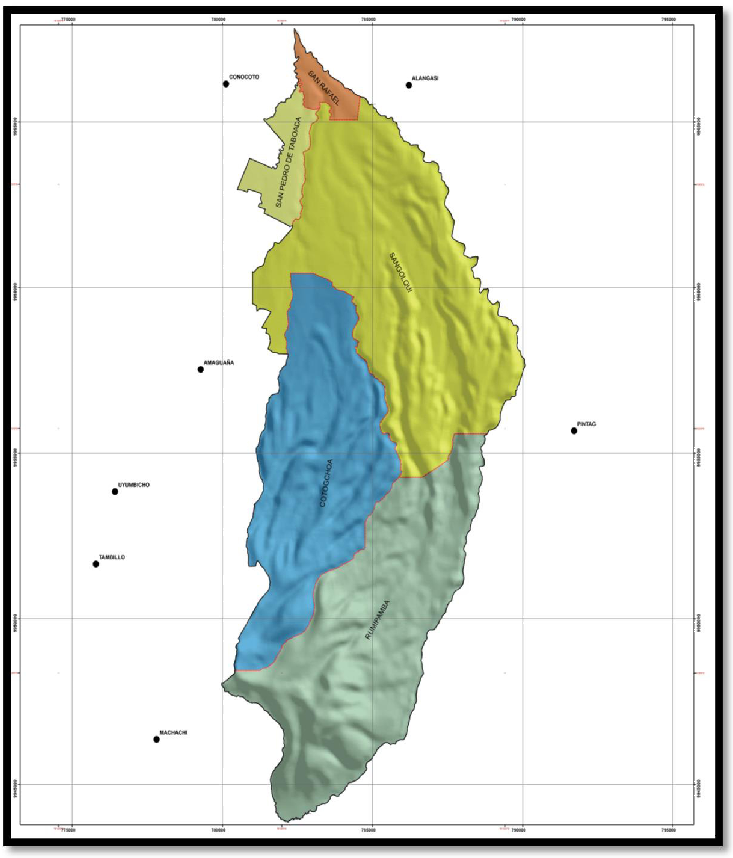


**Figura:** Mapa. Organización Territorial cantón Rumiñahui

## 3. Sistema de transporte público existente

Para el transporte público interno del Cantón Rumiñahui y su interconexión con el Distrito Metropolitano de Quito, las operadoras de transporte público se contabilizan en un total de trece (13).

**Tabla:** Cooperativas y compañías de transporte público en Rumiñahui

| Compañías | Cooperativas |
|---|---|
| "TURISMO S.A. VALLE DE LOS CHILLOS" | "GENERAL PINTAG" |
| "VINGALA C.A." | "LOS CHILLOS" |
| "CALSIGEXPRESS S.A." | "MARCO POLO" |
| "CONDORES DEL VALLE S.A." | "SAN PEDRO DE AMAGUAÑA" |
| "LIBERTADORES DEL VALLE S.A." | "TERMAS TURIS" |
| TRANSCAPELO S.A." | " |
| "CONOCOTO AZBLAN S.A." | |
| "EXPREANTISANA S.A." | |

Fuente: Investigación Directa
Elaboración: Andrés Carrillo

### Velocidades de operación y Flota vehicular

En la tabla se muestra las velocidades promedio por tramo.

**Tabla:** Velocidades Promedio por tramos

| Tramo | Velocidad Promedio (Km/hora) | Velocidad Neta Promedio (Km/hora) |
|---|---|---|
| Marín - Trébol | 13.21 | 11.79 |
| Trébol - Peaje | 32.77 | 28.60 |
| Peaje - Triángulo | 34.11 | 29.72 |
| Triángulo - ESPE | 14.7 | 9.5 |
| ESPE - Choclo | 33.0 | 23.2 |
| Triángulo - River Mall | 20.8 | 17.3 |
| River Mall - Choclo | 9.6 | 6.9 |
| Choclo(por autopista Rumiñahui) - Y DANEC | 31.8 | 28.2 |
| Choclo(por calle Shirys) - Y DANEC | 43.6 | 35.4 |
| Colibrí - Y DANEC | 50.6 | 38.4 |
| Y DANEC - Entrada Balbina | 39.6 | 29.6 |

Se determinó que la flota promedio es de 35 unidades

**Tabla:** Flota vehicular por operadora

| Código operador | Operador | Flota vehicular |
|---|---|---|
| Op-01 | `TURISMO S.A. VALLE DE LOS CHILLOS_ | 24 |
| Op-02 | `VINGALA C.A._ | 30 |
| Op-03 | "CALSIGEXPRESS S.A." | 32 |
| Op-04 | "CONDORES DEL VALLE CONDORVALL S.A." | 36 |
| Op-05 | "LIBERTADORES DEL VALLE S.A.". | 40 |
| Op-06 | "TRANSCAPELO S.A.". | 16 |
| Op-07 | "CONOCOTO AZBLAN S.A." | 18 |
| Op-08 | "EXPREANTISANA S.A." | 17 |
| Op-09 | "GENERAL PINTAG". | 17 |
| Op-10 | "LOS CHILLOS". | 68 |
| Op-11 | "MARCO POLO". | 43 |
| Op-12 | "SAN PEDRO DE AMAGUAÑA". | 73 |
| Op-13 | "TERMAS TURIS". | 43 |

Fuente: ANT y EPMMOP
Elaboración: Andrés Carrillo

## 4. Demanda de viajes en transporte público

Se realizó una encuesta de ocupación visual en buses de transporte público que circulan por el cantón Rumiñahui de 06:00 a 21:00, encuesta que se dio en 4 puntos de gran movilidad, el trébol, peaje, el triángulo, ESPE. En la tabla, se encuentra en detalle el número de pasajeros por hora que se trasladaron en transporte público, la encuesta indica que el tramo más cargado de pasajeros de la ruta Valle de Los Chillos - Quito, es el sector del triángulo con 58620 pasajeros en sentido Quito - valle de Los Chillos, y 46780 pasajeros en sentido Valle de Los Chillos - Quito, dando un total de 105400 pasajeros en el día, en ambos sentidos.

**Tabla:** Distribución de viajes en transporte público por zonas y motivo de viajes (incluye factor de expansión)

| HORA | TREBOL | | PEAJE | | TRIANGULO | | ESPE | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Quito - Valle | Valle - Quito | Quito - Valle | Valle - Quito | Quito - Valle | Valle - Quito | Quito - Valle | Valle - Quito | Totales |
| 06:00 a 07:00 | 1520 | 3075 | 665 | 1200 | 1315 | 1985 | 980 | 1535 | 12275 |
| 07:00 a 08:00 | 3755 | 4750 | 4600 | 5460 | 4860 | 6215 | 2600 | 3040 | 35280 |
| 08:00 a 09:00 | 2655 | 6740 | 2820 | 3980 | 4375 | 4240 | 1209 | 2200 | 28219 |
| 09:00 a 10:00 | 1755 | 3720 | 2440 | 3320 | 2840 | 3905 | 1133 | 1577 | 20690 |
| 10:00 a 11:00 | 1590 | 4200 | 2250 | 2755 | 1180 | 3585 | 867 | 953 | 17380 |
| 11:00 a 12:00 | 2010 | 5610 | 2230 | 2010 | 2890 | 3105 | 880 | 1578 | 20313 |
| 12:00 a 13:00 | 1545 | 4080 | 1660 | 2530 | 3905 | 3565 | 1612 | 1895 | 20792 |
| 13:00 a 14:00 | 1230 | 1845 | 3240 | 2360 | 4115 | 3700 | 2155 | 1890 | 20535 |
| 14:00 a 15:00 | 2820 | 1655 | 4710 | 3030 | 4805 | 2605 | 2371 | 1785 | 23781 |
| 15:00 a 16:00 | 3090 | 1785 | 4010 | 2950 | 4405 | 2615 | 1555 | 888 | 21298 |
| 16:00 a 17:00 | 3360 | 1905 | 4460 | 3420 | 5120 | 3855 | 1605 | 1670 | 25395 |
| 17:00 a 18:00 | 5560 | 3510 | 5030 | 3330 | 5445 | 4115 | 2080 | 1644 | 30714 |
| 18:00 a 19:00 | 4050 | 2730 | 7340 | 3405 | 5340 | 2090 | 2815 | 1315 | 29085 |
| 19:00 a 20:00 | 4380 | 1155 | 6480 | 2035 | 4870 | 850 | 2185 | 657 | 22612 |
| 20:00 a 21:00 | 2070 | 255 | 2580 | 530 | 3155 | 350 | 982 | 177 | 10099 |
| **Totales** | 41390 | 47015 | 54515 | 42315 | 58620 | 46780 | 25029 | 22804 | |
| | 88405 | | 96830 | | 105400 | | 47833 | | |

Máxima demanda por sentido

Fuente: GAD Municipal Cantón Rumiñahui
Elaboración: Andrés Carrillo

# 5. Proposición de un sistema tronco alimentador en el cantón Rumiñahui

Luego de realizados los estudios de oferta y demanda de las diferentes rutas de transporte público en el Cantón Rumiñahui descritos anteriormente, se ha podido determinar que la alternativa más conveniente es la implementación de un sistema de tipo Tronco-alimentador, cuya línea troncal atraviesa el Cantón Rumiñahui y llega al DMQ.

**Ruta por la Av. General Rumiñahui**

Para unir estos dos puntos se estableció que la vía a utilizarse es la Troncal de la Sierra E35 y que se debe empezar en el sector de la Y de Danec, tomar la Av. Shirys hasta el redondel del ¨Choclo¨, seguir por la Av. Gral. Pintag hasta el redondel del ¨Colibrí¨, continuar por la Av. General Rumiñahui hasta el sector del Trébol en el DMQ y a través de un túnel conectar la ruta con la parada ¨EL EJIDO¨ del sistema Metro de Quito, la alternativa de ruta tiene una longitud total de 23.1 km. Esta alternativa funciona con carriles exclusivos, dependiendo de la tecnología a utilizarse, los carriles por donde se desplace pueden ser elevados o viaductos si fuera necesario para descongestionar los sectores por donde transitara el nuevo sistema de transporte público o a nivel de vía si los anchos de la vía lo permiten. Para la implementación del sistema propuesto se propone una ruta total de 23.1 km, con 2 terminales de integración, 4 estaciones y 7 paradas, que se detallan a continuación:

## 6. ALTERNATIVAS

### Monorriel

Es esencialmente un tren elevado que circula sobre una única viga la cual hace de riel usualmente de hormigón armado. A modo de ejemplo se muestra dos versiones de monorriel, con sus características principales.

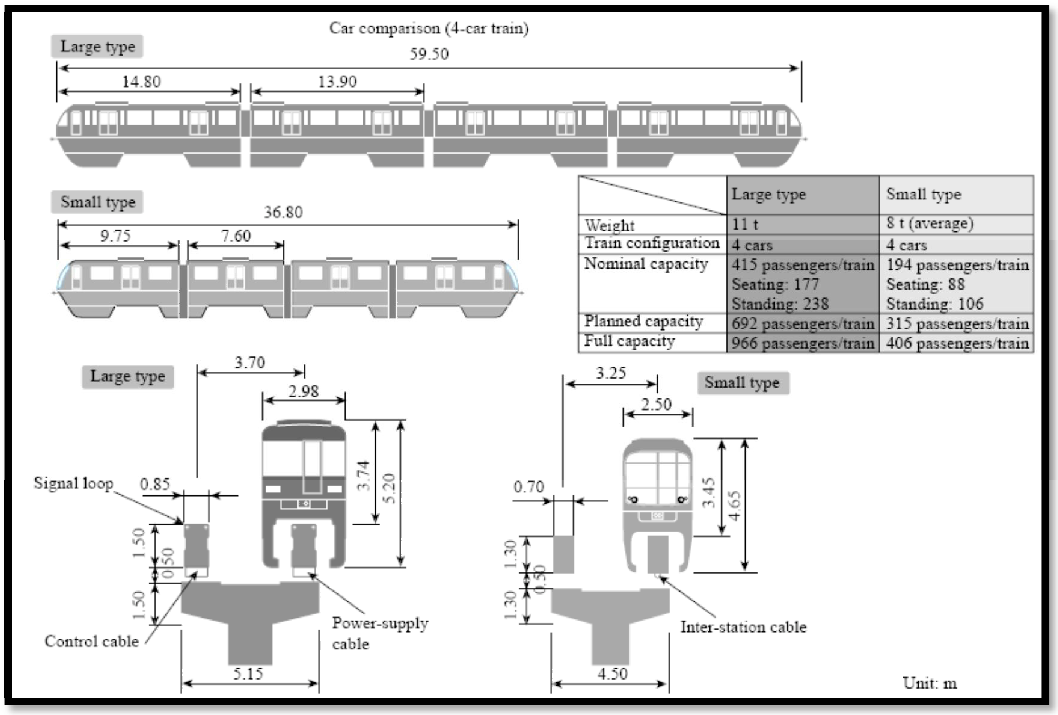


**Figura**: Monorriel y sus características principales

**Ventajas**

- Bajo impacto sobre el medio ambiente, sin emisión de gases contaminantes y bajo nivel de ruido disminuyendo la contaminación auditiva.
- Periodos de construcción de bajo impacto en la vida de la ciudad.
- Es factible la automatización total del sistema, con la posibilidad de establecer el sistema sin conductores.
- Reducción del tiempo de viaje, pues al ser un sistema de transporte con un carril exclusivo los tiempos se reducen notablemente.
- El Monorriel Elevado es ajeno al problema de congestión, ya que se desplaza por encima de las vías congestionadas, tampoco es afectado por inundaciones, cortes de calles por manifestaciones.

**Desventajas**

- Al ser un sistema de transporte nuevo en el valle, inicialmente causará dificultades a los usuarios, especialmente hasta su adaptación y educación en cuanto respetar paradas y realizar transbordos hasta llegar a la línea troncal.
- Es un proyecto costoso debido a muchas adecuaciones que se requiere realizaren la vía por ser un sistema elevado, paradas con rampas o elevadores, etc.
- En caso de existir alguna avería en un vehículo del monorriel se obstaculizaría la vía

**Tren de Cercanías**

Se denomina tren de cercanías o tren suburbano al sistema de transporte de pasajeros de corta distancia.

Es catalogado como un pequeño metro, que cuenta con una locomotora a la que puede engancharse de uno a seis vagones, es un sistema de transporte masivo ideal para interconectar áreas metropolitanas, para este análisis se toma en consideración un tren de 6 vagones y 600 pasajeros de capacidad.

En la figura se muestra las características del tren de cercanías junto con las capacidades dependiendo del número de vagones.

| Características del vehículo | |
|---|---|
| Longitud (con acoplador) | 11200 mm |
| Ancho | 2650-2800 mm |
| Altura del vehículo | 3615 mm |
| Altura piso | 1100 mm |
| Altura compartimento | 2090 mm |
| Número de puertas | 2 |
| Ancho puertas | 1950 mm |
| Distancia entre puertas | 5600 mm |
| Distancia entre ejes | 8600 mm |
| Superficie por coche | 25,8 m² |
| Número de asientos | 0-24 |

| Prestaciones | |
|---|---|
| Velocidad máxima de circulación | 80 km/h |
| Radio mínimo de curvatura en planta | 22 m |
| Radio mínimo de curvatura vertical | 200 m |
| Pendiente máxima | 12% |
| Peralte | 10% |
| Aceleración/desaceleración de servicio | 1,3 m/s² |
| Sistema de alimentación | 750 V CC |

| Coches por tren | Capacidad del tren | | |
|---|---|---|---|
| 3 | Asientos | (pax) | 48 |
| | Pasajeros de pie | (6pax/m²) | 349 |
| | Capacidad de una unidad | (pax) | 397 |
| 4 | Asientos | (pax) | 64 |
| | Pasajeros de pie | (6pax/m²) | 465 |
| | Capacidad de una unidad | (pax) | 529 |
| 5 | Asientos | (pax) | 80 |
| | Pasajeros de pie | (6pax/m²) | 582 |
| | Capacidad de una unidad | (pax) | 662 |
| 6 | Asientos | (pax) | 96 |
| | Pasajeros de pie | (6pax/m²) | 698 |
| | Capacidad de una unidad | (pax) | 794 |

Fuente: Cityval. Siemens Transportation Systems

**Figura.** Características Tren de Cercanías

**Ventajas**

- Menor afectación a la infraestructura existente
- La utilización de los corredores existentes reduce la inversión en nuevas propiedades.
- Las estaciones se construyen de manera más funcional al utilizar andenes bajos
- Mejora el sistema de transporte especialmente en horas pico, al descongestionarlo porque utiliza una vía exclusiva.
- Se reducirá la contaminación del medio ambiente, disminuyéndose niveles de ruido y vibración, producidos por el actual sistema de transporte público.

**Desventajas**

- Al estar manejado este sistema vial por una sola empresa, en caso de conflictos laborales se pueden provocar problemas a todos los usuarios.
- Problemas para los usuarios hasta acostumbrarse a las nuevas paradas que distan alrededor de un kilómetro o más
- Ocupan un carril de circulación normal lo que significa reducción de espacio para el resto de modalidades de transporte.
- Vehículos eléctricos que no operarían en caso de tener suspensiones en el fluido eléctrico.
- Riesgo de accidente con vehículos y peatones

## 7. Análisis comparativo de alternativas

Luego de realizar el análisis de las alternativas se presenta el siguiente cuadro comparativo de las principales características del sistema monorriel y el sistema de tren de cercanías:

**Tabla.** Cuadro comparativo Monorriel ¯ Tren de Cercanías

| | Sistema Monorriel | Sistema Tren de Cercanías |
|---|---|---|
| **Velocidad** | 60 km/h | 80 km/h |
| **capacidad máxima** | 966 pasajeros/tren | 794 pasajeros/tren |
| **aceleración máxima** | 0.9 m/s2 | 1.3 m/s2 |
| **pendiente máxima admitida** | 6% | 12% |
| **radio mínimo de curvatura** | 40 m | 22 m |
| **Sistema de alimentación** | Eléctrico | Eléctrico (750 V CC) |
| **Ancho** | 2980 mm | 2650-2800 mm |
| **Longitud** | 13900 mm | 11200 mm |
| **principal ventaja** | Utiliza carriles elevados que no ocupan vía existente | Se puede aumentar vagones en horas de alta demanda |
| **principal limitación** | No se pueden aumentar vagones por eso máximo | Ocupa carriles de la vía existente |

Fuente: Cityval. Siemens Transportation Systems
Elaboración: Andrés Carrillo

## 8. Conclusiones

- ✓ La frecuencia promedio durante hora punta en un día ordinario de las rutas que tienen como destino Rumiñahui es de 3 veh/hora y durante la hora valle un promedio de 1.8 veh/hora.
- ✓ La flota vehicular que opera en el cantón Rumiñahui es de 457 buses, los que tienen una edad promedio de 11 años, con una capacidad estimada de 60 pasajeros por bus,
- ✓ La velocidad neta promedio de los buses de transporte público en el tramo Triángulo - ESPE, es la más baja en el corredor que se desplaza por la Av. Gral. Rumiñahui, a una velocidad de 9.5 km/hora, esto debido a la disminución del ancho de la vía y la alta demanda de viajes durante horas punta.
- ✓ Se estima que para el año 2025, la demanda de viajes en transporte público sea de 168749 viajes (encuesta ocupación visual en buses) y en transporte privado 66766 viajes (encuesta origen - destino).
- ✓ Se concluye que el sistema de Transporte Público en el cantón Rumiñahui es deficiente y carece de una organización que desde años atrás no existió y donde actualmente se sufre las consecuencias.
- ✓ Se concluye que la mejor solución para la demanda de transporte público actual y futuro del cantón Rumiñahui y su conectividad con el DMQ, es un sistema tronco alimentador.

- ✓ La propuesta del Sistema Monorriel no interfiere con el tránsito, ni ocupada vías existentes, además otorga un mejor servicio de transporte público que pretende disminuir el uso del vehículo privado.
- ✓ Con una flota de 26 monorrieles con una capacidad de 500 pasajeros por monorriel, se podrá cubrir la demanda diaria de viajes hasta el 2025.
- ✓ La propuesta del Sistema Tren de Cercanías ocupada vías existentes, pero este sistema permite el incremento de vagones para cubrir una mayor demanda.
- ✓ Con una flota de 24 trenes con una capacidad de 500 pasajeros por tren, se podrá cubrir la demanda diaria de viajes hasta el 2025.

## 9. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda que la reestructuración y reorganización de las rutas alimentadoras al sistema monorriel sea lo más eficaz posible y que se traten de cubrir todas las áreas del cantón Rumiñahui, para de esta manera se pueda tener un sistema integral.
- ✓ Se recomienda que las autoridades pongan un solo operador de transporte en una ruta específica, es decir, no duplicar la ruta, ni conceder concesiones a otras operadoras para que entren dentro de la misma ruta, evitando la competencia y que desaparezcan los problemas que ocasionan accidentes de tránsito.