

**EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA DE CUENCA ECUADOR Y
DEL TRANVÍA DE MEDELLÍN COLOMBIA**

CARLOS ALBERTO CRUZ LEAL
Cód. 2147277

MICHELLE STEFANIA VIRVIESCAS ARIAS
Cód. 2135075

**Trabajo de grado para optar por el título
Profesional en Ingeniería Civil**

**Universidad Santo Tomás sede principal
División de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2018**

**EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA DE CUENCA ECUADOR Y
DEL TRANVÍA DE MEDELLÍN COLOMBIA**

CARLOS ALBERTO CRUZ LEAL
Cód. 2147277

MICHELLE STEFANIA VIRVIESCAS ARIAS
Cód. 2135075

**Trabajo de grado para optar por el título
Profesional en Ingeniería Civil**

Director: Ing. Fernando Rey Valderrama

**Universidad Santo Tomás sede principal
División de Ingenierías
Facultad de Ingeniería Civil
Bogotá D.C.
2018**

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, agosto de 2018

DEDICATORIA

Primero a Dios, mi mamá Gloria Arias y mi hermano Camilo Virviescas, gracias por su apoyo incondicional, han sido mi motivación en cada paso del camino, cada logro es inspirado por ustedes.

Michelle Stefania Virviescas Arias

A mis padres Ligia Leal y Carlos Cruz Moreno, mi hermanito Sergio Cruz, mis abuelos Víctor Cruz y Alicia Moreno, mis tías Myriam Hemelberg y Martha Cruz, quienes han sido mi bastón de apoyo, brindándome la fuerza para continuar y realizar este primer logro, para ustedes van mis agradecimientos y mi amor.

Carlos Alberto Cruz Leal.

Agradecimientos

En primer lugar, hay que destacar el acompañamiento brindado por el Ingeniero Fernando Rey Valderrama, como director del trabajo de grado, quien brindó apoyo permanente y compartió valiosos conocimientos y experiencias en campos afines con el tema abordado, un asunto que enriqueció el desarrollo del proyecto, como también el de sus responsables. Así mismo, al profesor Vidal Garzón Vanegas quien permitió superar distintos momentos y dificultades en cuanto a darle cuerpo a las ideas y la construcción misma del documento. En ese mismo orden reconocer el interés y acompañamiento brindado por el ingeniero Oscar Díaz Olariaga.

Recalamos la diligencia y disposición mostrada por los funcionarios de la Universidad, caso de la secretaria de la Facultad, Sandra Judith Rodriguez, el comité de grado y los funcionarios de la biblioteca de la Universidad.

A la empresa estatal Metro de Medellín, en especial al Ingeniero John Ferley Zapata, quien acompañó y suministro valiosa información, haciendo posible la visita a las instalaciones, caso de la adelantada para conocer de cerca el patio taller del Tranvía de Ayacucho en la ciudad de Medellín.

INTRODUCCIÓN

El uso de los sistemas de transporte público masivo en las grandes ciudades ha surgido a partir de la necesidad de sus habitantes de movilizarse de manera rápida, segura y cómoda, situación que ha estado caracterizada e influenciada por el crecimiento poblacional, trayendo consigo la demanda de medios de transporte que permitan mejoras sustantivas en correspondencia con tales exigencias, gracias a nuevos desarrollos técnicos y de sistemas cada vez más eficientes. Es importante tener en cuenta que en los países latinoamericanos la implementación u optimización de un sistema masivo de transporte, es sinónimo de desarrollo, situación que se hace evidente al generar, entre otras situaciones, mejoras sustantivas en el rendimiento de las actividades de la metrópoli, puesto que se optimizan los tiempos de viaje, unido a los efectos generados en la calidad de vida de sus habitantes.

Se planteó entonces, que en Latinoamérica no es tendencia la implementación de sistemas masivos de transporte de carga media como lo son los sistemas LRT, específicamente Tranvías; es entonces cuando se lleva a cabo una recopilación de información como lo es: definición, utilidad, ventajas y desventajas de los sistemas LRT, dando paso a los Tranvías específicamente información como la historia y definición, siguiendo con los tipos de Tranvías que existen, finalmente contexto general sobre otros modos de transporte. En particular se habla de los sistemas tranviarios modernos en Latinoamérica, los cuales son dos, el de la ciudad de Medellín Colombia y el de la ciudad de Cuenca Ecuador.

Los sistemas tranviarios ya mencionados, además de ser los únicos en Latinoamérica son operacionalmente diferentes, debido a su tipo de tracción, por lo tanto se desarrolló la idea de comparar los sistemas de Cuenca y Medellín, tomando como base la recopilación de información general de las ciudades como lo es; historia, demografía y geografía de las ciudades de Cuenca y Medellín, logrando entonces por medio de artículos de periódicos web, tesis y videos recopilar información sobre la operatividad del Tranvía de Cuenca; para el caso del Tranvía Ayacucho de Medellín se realizó una visita técnica al patio taller del Tranvía Ayacucho y lectura de artículos de periódicos web.

Finalmente obteniéndose la conclusión de cuál de los dos Tranvías (Cuenca o Medellín) tiene una mejor operatividad, siendo recomendado para las ciudades que deseen integrar en su movilidad un sistema masivo de carga media como lo es un Tranvía.

RESUMEN

Para establecer que sistema tranviario en Latinoamérica es operativamente óptimo para implementar en otras ciudades, es importante comprender la clasificación del transporte masivo férreo, entonces se habla de los sistemas LRT (Tranvía o Metro ligero), acto seguido se buscó establecer una comparación entre los Tranvías de Cuenca y Medellín, los cuales se diferencian por las ruedas y disposición de los rieles.

En efecto, el Tranvía de Cuenca es convencional o estándar y el Tranvía Ayacucho de Medellín es Translöhrr, por lo que se investigaron: características del material rodante, costos operativos, velocidad y tarifas, datos que se obtuvieron por medio de repositorios, documentos de google académico, periódicos virtuales y visita técnica; con dicha información se realizaron cuadros comparativos para organizar y analizar la información, hallando el mejor Tranvía a nivel operativo.

Palabras Clave: sistema LRT, Tranvía, Estándar, Translöhrr, operación, Cuenca, Medellín, material rodante, costo operativo, tarifa, velocidad.

CONTENIDO

CONTENIDO	1
GLOSARIO	6
CAPITULO 1. GENERALIDADES.....	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. Objetivo General	13
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. ANTECEDENTES.....	14
CAPITULO 2. SISTEMA LRT (LIGHT RAILWAY TRANSIT) EN LATINOAMÉRICA.....	16
2.1. HISTORIA DEL SISTEMA LRT	16
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA LRT	17
2.2.1. Ventajas del Sistema LRT	17
2.2.2. Desventaja de los Sistemas LRT	18
2.3. USOS DEL SISTEMA LRT EN EL MUNDO	19
CAPITULO 3. EL TRANVÍA	20
3.1. HISTORIA DEL TRANVÍA	21
3.2. TIPOS DE TRANVIA.....	23
3.3. DISTINTOS MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS	26
CAPITULO 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CIUDADES DE CUENCA Y MEDELLÍN.....	29
4.1. HISTORIA DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	29
4.2. HISTORIA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN	30
4.3. DEMOGRAFIA DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	31
4.4. DEMOGRAFIA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN	31
4.5. GEOGRAFIA DE LA CIUDAD DE CUENCA	33
4.6. GEOGRAFIA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN.....	35

CAPITULO 5. SISTEMA TRANVIARIO DE LAS CIUDADES DE CUENCA, ECUADOR Y MEDELLIN, COLOMBIA.....	37
5.1. MATERIAL RODANTE	37
5.1.1. Cuenca.....	37
5.1.1.1. Debilidades Tranvía de Cuenca.....	40
5.1.2. Medellín.....	41
5.1.2.1. Debilidades Tranvía Ayacucho	45
5.2. FORMA DE PAGO Y TARIFAS	46
5.2.1. Cuenca.....	46
5.2.2. Medellín.....	47
5.3. CONFIGURACIÓN DE LAS RUTAS	50
5.3.1. Cuenca.....	50
5.3.2. Medellín.....	52
5.4. ESTACIONES.....	53
5.4.1. Cuenca.....	55
5.4.2. Medellín.....	56
5.5. PATIOS.....	58
5.5.1. Cuenca.....	59
5.5.2. Medellín.....	60
CAPITULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS TRANVIARIOS DE CUENCA Y MEDELLÍN.....	66
CAPITULO 7. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	71
8. CONCLUSIONES	77
9. RECOMENDACIONES.....	78
Bibliografía.....	85
ANEXOS.....	88

Contenido de Ilustraciones

Ilustración 1 Primeros Tranvías Alicante heredó algunos Tranvías eléctricos de la red de Murcia.....	20
Ilustración 2 Tranvía Convencional de la ciudad de Cuenca, Ecuador.....	23
Ilustración 3 Metro Ligero de Porto, Portugal.....	24
Ilustración 4 Tren-Tram de Alicante, España.....	25
Ilustración 5 Pre-metro Buenos Aires, Argentina.....	25
Ilustración 6 Tren Tsukuba Express Tokio, Japón.....	26
Ilustración 7 Metro de Medellín, Colombia.....	27
Ilustración 8 Autobús.....	28
Ilustración 9 Tasa de crecimiento proyección de población en Medellín.....	32
Ilustración 10 Ubicación y delimitación de la ciudad de Cuenca (Ecuador).....	33
Ilustración 11 Relieve de la ciudad de Cuenca.....	34
Ilustración 12 Ubicación y delimitación de la ciudad de Medellín.....	35
<i>Ilustración 13 Relieve de la ciudad de Medellín.....</i>	<i>36</i>
Ilustración 14 Tranvía Citadis 302 ALSTOM.....	37
Ilustración 15 Pantógrafo Tranvía de Cuenca.....	38
Ilustración 16 Bogie Citadis 302.....	39
Ilustración 17 Tranvía Translöhrr ALSTOM.....	41
Ilustración 18 Ruedas de sistema Translöhrr.....	43
Ilustración 19 Sistema de guiado Translöhrr.....	43
Ilustración 20 Tarjetas MOVILIZATE.....	47
Ilustración 21 Tarifas del Sistema integrado del Valle de aburra.....	48
Ilustración 22 Tarjetas CIVICA.....	49
Ilustración 23 Ruta Tranvía de los 4 ríos.....	51
Ilustración 24 Ruta Tranvía de Ayacucho.....	53
Ilustración 25 Estación de andén central Tranvía de Cuenca.....	55
Ilustración 26 Estación de anden lateral Centro Histórico.....	56
Ilustración 28 Estación de oriente Tranvía de Ayacucho.....	57
Ilustración 27 Patio- Taller de la ciudad de Cuenca.....	60
Ilustración 29 Entrada para el personal Patio Miraflores.....	60
Ilustración 30 Planta patio-taller Tranvía de Ayacucho.....	61
Ilustración 31 Cambiavías, Zona de distribución.....	62
Ilustración 32 Zona de Estacionamiento.....	63
Ilustración 33 Zona de mantenimiento.....	64
Ilustración 34 Zona de estacionamiento de vehículos de servicio.....	65
Ilustración 35 FICHA KPI GS-1.....	81
Ilustración 36 Ficha KPI, SO-1.....	82

Contenido de Tablas

Tabla 1 Ficha Técnica Citadis 302.....	39
Tabla 2 Ficha técnica de Translöhrr STE5.	44
Tabla 3 Resumen de estaciones Tranvía de Ayacucho	58
Tabla 4 Cuadro comparativo de velocidad, tiempo y confort del pasajero.....	66
Tabla 5 Resumen de cálculos.....	68
Tabla 6 Cuadro comparativo de la Infraestructura de Cuenca y Medellín.	69
Tabla 7 Cuadro comparativo de los costos operativos de los sistemas tranviarios de Cuenca y Medellín.	70

Tabla de Figuras

Figura 1 Clasificación indicadores de gestión.	78
Figura 2 Ejemplo de datos fijos en las fichas de los indicadores.....	79

Tabla de Ecuaciones

<i>Tiempo de recorrido por trayecto = 2 · Longitud del trayectoVelociddad de operación</i> (1)	67
<i>Pasos por hora = Velociddad de operación2 · Longitud del trayecto</i> (2).....	67
<i>Dimensionamiento por intervalo =</i>	
<i>Tiempo de recorrido por trayectoFrecuencia hora pico o valle</i> (3)	67
<i>Dimensionamiento por ocupación = Pasos por hora · Capacidad Max del coche</i> (4)	68
<i>Número de tranvías necesarios en hora punta =</i>	
<i>Maximo de pasajerosDimensionamiento por ocupación</i> (5)	68

ANEXOS

Anexo 1 Ficha KPI, GS-2.....	88
Anexo 2 Ficha KPI, SO-2.....	89
Anexo 3 Ficha KPI, SO-3.....	90
Anexo 4 Ficha KPI, Indicador SO-4.	91
Anexo 5 Ficha KPI, SO-5.....	92
Anexo 6 Ficha KPI, SO-6.	93
Anexo 7 Ficha KPI, SO-7.	94
Anexo 8 Ficha KPI, SO-8.	95
Anexo 9 Ficha KPI, SO-9.	96
Anexo 10 Ficha KPI, SO-10.....	97
Anexo 11 Ficha KPI, SO-11.....	98

Anexo 12 Ficha KPI, SO-12.....	99
Anexo 13 Ficha KPI, SO-13.....	100
Anexo 14 Ficha KPI, SO-14.....	101
Anexo 15 Ficha KPI, SO-15.....	102
Anexo 16 Ficha KPI, SO-16.....	103
Anexo 17 Ficha KPI, SO-17.....	104

GLOSARIO¹

- **Actividad ferroviaria:** acciones relacionadas con el diseño, la planificación, construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria; el transporte y la operación ferroviaria; y el mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento de vehículos ferroviarios.
- **Andén:** acera que se construye en las estaciones al lado de la vía férrea principal, debidamente señalizada, de longitud igual o mayor a la longitud de los trenes de pasajeros, de ancho suficiente para albergar al público en situaciones de alta demanda y emergencia; con la altura conveniente y a una distancia mínima de separación con el piso de los coches, para que los viajeros aborden o desembarquen de los coches.
- **Autoridad competente:** autoridad con facultades asignadas en relación con las actividades ferroviarias que se desarrollen en el Sistema Eléctrico de Transporte.
- **Balasto:** material granular seleccionado que se utiliza para recibir y distribuir sobre la plataforma, las cargas estáticas y dinámicas provenientes de la vía y de los vehículos ferroviarios, restringir el movimiento lateral, longitudinal y vertical de la vía con el objeto de mantenerla en su correcto alineamiento y nivelación longitudinal y transversal, cuando se halle bajo las cargas dinámicas impuestas por los vehículos ferroviarios y el esfuerzo térmico producido en los rieles por las variaciones de temperatura; y permitir la filtración de las aguas de lluvia.
- **Baliza:** aparato electrónico montado en la vía que se utiliza para recibir y transmitir comunicación entre los trenes y el centro de control de operaciones.
- **Cambiavía:** sistema colocado en la vía férrea para direccionar en forma manual o automática el paso del material rodante de una vía férrea a otra.

¹ Tomado de www.aate.gob.pe/transparencia_aate/controlador/controlador_listar_glosario.php

- **Capacidad de Línea:** el máximo posible número de trenes capaces de ser operados sobre una vía férrea en una dirección, expresada en trenes por hora.
- **Catenaria:** línea aérea de alimentación mediante la cual se suministra energía eléctrica a las locomotoras u otro material rodante o equipo electrificado.
- **Coche:** vehículo ferroviario destinado al transporte de pasajeros. Puede ser tractivo o remolcado y puede contar o no con cabina de comando.
- **Conductor:** persona autorizada para la conducción de trenes.
- **Cruce a desnivel:** espacio común de intersección entre dos vías que no se encuentran en el mismo plano horizontal.
- **Cruce a nivel:** área común de intersección al mismo nivel entre una vía férrea y una carretera
- **Descarrilamiento:** caída del riel por el que circula, de una o más ruedas, de uno o más vehículos ferroviarios, que conforman un tren.
- **Desvío:** vía férrea auxiliar conectada por uno o ambos lados a la vía férrea principal, o a otro desvío, para permitir las maniobras ferroviarias y el aparcamiento temporal del material rodante durante las operaciones ferroviarias.
- **Durmientes:** elementos transversales al eje de la vía férrea sobre los que se apoyan y sujetan los rieles y a través de los cuales se transmite al balasto las cargas que reciben los rieles de los vehículos ferroviarios.
- **Entrevía:** distancia medida entre los ejes de dos vías férreas paralelas inmediatas.
- **Estación:** instalación en la que embarcan o desembarcan pasajeros.
- **Frecuencia:** es el número de Tranvías por hora en un sentido.
- **Gálibo:** contorno de referencia contenido en un plano transversal y perpendicular a la vía férrea, que determina las dimensiones a la que deben adecuarse las instalaciones fijas y el material rodante.

- **Infraestructura ferroviaria:** instalaciones y edificaciones necesarias para el funcionamiento del Sistema Eléctrico de Transporte.
- **Kilómetros recorridos:** son los kilómetros – tren recorridos por el Concesionario producto de la prestación del servicio. Los kilómetros recorridos no incluyen aquellos que se recorren sin transportar pasajeros para ir y volver de las estaciones o Patio Taller para fines de mantenimiento o para fines distintos a la prestación del servicio.
- **Locomotora:** vehículo autopropulsado diseñado para convertir energía mecánica o eléctrica en esfuerzo tractivo para arrastrar trenes compuestos por coches no propulsados y vagones de carga.
- **Maniobra:** desplazamiento de vehículos ferroviarios en vías férreas que no conforman la vía principal.
- **Mantenimiento:** comprende actividades preventivas (rutinarias o periódicas), así como las correctivas como las reparaciones por emergencia destinadas a dar cumplimientos a los Niveles de Servicio mínimos establecidos en el contrato.
- **Operación ferroviaria:** conjunto de tareas vinculadas al movimiento del material rodante.
- **Operador ferroviario:** organización ferroviaria que únicamente presta servicios de transporte ferroviario.
- **Pantógrafo:** aparato de toma de energía de altura variable montado en el techo de un vehículo ferroviario alimentado por una catenaria, el cual puede operar a altas velocidades sin pérdida de contacto.
- **Pasajero o usuario:** persona natural que recibe el servicio brindado por el Concesionario.
- **Patio:** sistema de vías férreas, instalaciones y edificaciones, destinado al mantenimiento de equipos, máquinas y vehículos ferroviarios, así como a la formación de trenes.

- **Puesto central de operaciones:** lugar desde donde se emiten, controlan y monitorean en forma centralizada las autorizaciones de movimiento dado a los trenes en las vías, el funcionamiento y mantenimiento de los equipos e infraestructura y otras actividades relacionadas a la protección del usuario y las instalaciones ferroviarias.
- **Riel:** perfil laminado de acero que se coloca sobre los durmientes para soportar y guiar a los vehículos ferroviarios.
- **Servicios complementarios:** son todos aquellos servicios que sin ser indispensables para la prestación del servicio y no encontrándose contemplados en las especificaciones técnicas, el Concesionario ONCESIONARIO podrá prestar cumplimiento con las Leyes y disposiciones aplicables y habiendo obtenido las autorizaciones, concesiones y/o permisos que las Leyes y disposiciones aplicables exijan.
- **Sistema de Alimentación por Tercer Riel (APS):** sistema de alimentación de energía eléctrica para tracción de trenes de 600V DC y 750V DC, el cual utiliza un riel adicional a los dos existentes para transmitir la energía eléctrica desde donde ésta es tomada a través de zapatas de contacto montadas en los bogies de los trenes. Este sistema es de uso común en metros subterráneos o en lugares donde no es posible la alimentación por catenaria.
- **Sistema de Recolección de Pasajes:** sistema de recolección de pasajes que permite al pasajero que compra un boleto, operar un sistema de barreras de entrada y salida dispuesto en cada estación.
- **Sistema de Señal Automática de Cabina:** sistema instalado dentro de la cabina de un tren, que automáticamente opera un dispositivo de señales de alerta visibles y audibles, para el conductor del tren.
- **Subestación:** conjunto de instalaciones electromecánicas, incluyendo las edificaciones que las albergan, destinadas a la transformación de la tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos.

- **Suministro eléctrico:** conjunto de instalaciones que posibilitan la dotación de energía eléctrica a un punto de entrega determinado, en forma segura y continua.
- **Superestructura de la vía férrea:** conjunto de elementos conformados por los rieles, durmientes, elementos de fijación, balasto o sistema equivalente y cambiavías.
- **Tarifa:** precio que el usuario paga al operador ferroviario como retribución por el servicio de transporte público que presta.
- **Transporte ferroviario:** desplazamiento masivo de personas en los Sistemas Eléctricos de Transporte Ferroviario que puede ser realizado en superficie, en viaducto o subterráneo o una combinación de estos.
- **Trocha:** distancia entre las caras internas de las cabezas de los rieles, medida en un plano ubicado a 5/8 de pulgada por debajo del tope de las cabezas de los rieles.
- **Vehículo:** medio de transporte de personas o materiales, con o sin propulsión propia, que se desplaza por un camino.
- **Vehículo ferroviario:** unidad de material rodante que se desplaza por la vía férrea. Puede ser tractivo o remolcado, en función a que cuente o no con propulsión propia.
- **Vía férrea:** es la vía sobre la que transitan los vehículos ferroviarios.

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se inicia con la revisión de la bibliografía existente sobre la operación de sistemas de transporte masivo tipo LRT, de manera particular el caso del sistema ligero (Tranvía), formando el contexto general de sistemas LRT y tranviario. En cuanto al propósito de realizar la evaluación comparativa de la operación de cada sistema tranviario (estándar y Translöhrr), se hace uso de cuadros comparativos, considerando información como: características del material rodante, costos operativos, red de transporte y operación.

De esa manera, se puede sintetizar mediante comparaciones de la información recopilada y gestionada, a partir de variables que influyen en la operación de los Tranvías de Cuenca y Medellín. De allí que se hizo el correspondiente trabajo de campo en la ciudad de Medellín, con la finalidad de observar, analizar la explotación operativa del sistema con respecto a la información recopilada a lo largo del desarrollo del trabajo.

Finalmente se cumple la meta del estudio comparativo de las variables de los dos sistemas tranviarios, brindando la conclusión y recomendación del sistema tranviario con mejor operación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Se realizó el contraste evaluativo de la operación de Tranvías Latinoamericanos, ya que existe una necesidad de movilizarse de manera óptima, por parte de los países Latinoamericanos. Esto se debe al retroceso de los países de abandonar los Tranvías en los años 1950 en adelante, para implementar buses o sistemas BRT; cabe resaltar que un Tranvía ocupa menos espacio en superficie, además, traslada en una hora hasta el doble de pasajeros que un bus, teniendo una frecuencia cronometrada debido a la velocidad alta y al ser un sistema segregado de actores viales como vehículos particulares, asimismo los sistemas tranviarios no generan contaminación al ser impulsados por electricidad.

Con lo anterior se contrastan las ciudades de Cuenca y Medellín puesto que son las únicas ciudades de Latinoamérica en implementar a su movilidad Tranvías, generando un avance en movilidad a nivel internacional, dicha comparación busca establecer, cual es el mejor sistema operacional tranviario, ya que en la operatividad se ve el sistema que brinda un óptimo servicio al usuario.

Una vez hecho lo anterior se logró establecer la conclusión del mejor sistema con respecto a la operación en tiempos, costos, calidad del servicio y confort; seguidamente se sugiere la realización de aportes con las fichas técnicas, las cuales ayudan a garantizar la gestión de seguridad y gestión de servicios operacionales. La importancia de los sistemas sustentables en materia de movilidad satisface la necesidad de la población, al lograr un desarrollo en los sistemas de transporte, siendo ejemplo para Latinoamérica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Establecer el modo operativo óptimo para la eficiencia del sistema tranviario en ciudades que integren sistemas masivos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recolectar información de la planeación operativa en tarifa, velocidad e intervalos de los Tranvías en Cuenca y Medellín.
- Contrastar el sistema técnico operativo entre los Tranvías de Cuenca y Medellín.
- Definir las fichas técnicas de indicadores de gestión logísticos (KPI), para la operación de los sistemas tranviarios.
- Identificar el sistema tranviario que asegura la eficacia de la operación.

1.4. ANTECEDENTES

La ciudad de Cuenca (Ecuador) es la capital de la Provincia de Azuay, en los años 1200 d.C. era conocida bajo el nombre de Tomebamba, en 1557 fueron fundadas las ciudades hispánicas siendo la ciudad bautizada bajo el nombre que conserva hasta hoy, Santa Ana de los cuatro Ríos de Cuenca, simplificada a Cuenca. En 1820 la ciudad de Cuenca se independizó de la corona española siendo una de las independencias más importantes (Mora, 2008). La ciudad de Cuenca fue declarada patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1999 debido a su centro histórico, el cual comprende parques, plazas, atrios, iglesias entre otros, caracterizado por la arquitectura colonia de las casas y los edificios de mayor mención como la Catedral Nueva 1885 y la Catedral Vieja, el Monasterio Carmelita y la Iglesia Santo Domingo, por lo tanto se ha desarrollado como lugar turístico (UNESCO/ERI, 1999).

En cuanto a la implementación de un sistema de transporte en la ciudad de Cuenca, se destaca el hecho surgido en 1965 cuando se inauguró el tramo del ferrocarril entre las ciudades de Sibambe - Cuenca, dicho ferrocarril estuvo vigente por 30 años, ya que fue cerrado en el año de 1995, sin que en la fecha no se hable de reapertura. En la ciudad de Cuenca no existe otro medio de transporte masivo en operación además de buses, es decir no hay sistemas férreos. (vida, 2017).

En lo que respecta a la ciudad de Medellín – Colombia, ella tuvo sus inicios en el año 1675, siendo designada con el nombre de la Villa de Nuestra Señora de la Candelaria de Medellín. En 1813 fue bautizada bajo el nombre de Medellín, el que

conserva hasta hoy día; además fue categorizada como ciudad. En 1926 fue declarada capital del departamento de Antioquia (ARQA, 2013).

Medellín es la segunda ciudad más grande y poblada de Colombia, pero es la ciudad uno en sistemas de transporte público masivo. La operación del primer Tranvía eléctrico se inició en 1923 y existieron 12 líneas; en 1930 toma fuerza el transporte urbano de vehículos (buses). En 1995 se inició la operación del metro el cual sigue operando hoy en día, en 2004 inició operación la primera línea del metro cable, en octubre de 2015 entra en funcionamiento la línea de Tranvía de Ayacucho, el cual tiene como novedad la utilización de un único riel por carril llamado Translöhrr (ELCOLOMBIANO.COM, 2010)². Es la única ciudad de Colombia con metro, metro cable y Tranvía, además actualmente está desarrollando la planificación de un segundo Tranvía el cual operaría a lo largo de la calle 80 por lo cual será bautizada con su nombre, Tranvía de la calle 80 con la modalidad de Tranvía convencional como el de Cuenca.

² **ELCOLOMBIANO.COM, REDACCIÓN. 2010.** www.elcolombiano.com. [En línea] 29 de Noviembre de 2010.

http://www.elcolombiano.com/historico/transporte_da_cuenta_de_la_historia_en_medellin-JDEC_113684.

CAPITULO 2. SISTEMA LRT (LIGHT RAILWAY TRANSIT) EN LATINOAMÉRICA

2.1. HISTORIA DEL SISTEMA LRT

Los sistemas LRT (LIGHT RAILWAY TRANSIT) o en español (TRÁNSITO FERROVIARIO LIGERO), más conocidos por el nombre de Tranvías o metros ligeros, aparecieron en el Continente Americano en la ciudad de New York (Estados Unidos) en el año de 1832, su inmersión en Latinoamérica fue en 1858 en los países de México D.F **México** donde el Tranvía era halado por caballos, La Habana **Cuba** su uso fue inicialmente como transporte de carga y luego empezó a transportar pasajeros y era halado por caballos, finalmente Santiago **Chile** era halados por caballos y posteriormente se implementó el uso de pequeñas locomotoras, lo cual fue un fracaso.

Sin embargo, llegó el mejoramiento del sistema tranviario, al transformarse en un sistema eléctrico, gracias al Alemán Werner Von Siemens, quien además impulso el uso del sistema tranviario eléctrico. Llegando a Guayaquil (Ecuador) el primer Tranvía alrededor del año 1880, luego en 1883 llega Brasil inicialmente a Niteroi y, en 1887 a Rio de Janeiro; en 1892 a La Plata y en 1897 a Buenos Aires (Argentina), asimismo, en 1899 entra en operación el Tranvía en San José de Costa Rica (Costa Rica). Iniciando el siglo XX llega a La Paz (Perú) en 1905, continuando su arribó en Bogotá, Colombia, exactamente en 1908, poniéndose en operación en 1910, para luego implementarse en Medellín en 1921. Finalmente, en la ciudad de Montevideo (Uruguay) inicio funcionamiento en 1906. Lamentablemente los Tranvías fueron reemplazados por el sistema BRT (Bus Rapid Transit), dejando atrás el sistema de metro ligero en Latinoamérica.

Un claro ejemplo de ese remplazo se da en Bogotá D.C., la cual tuvo Tranvía de 1910 hasta 1951, el sistema fue abatido por el Bogotazo y se aceleró su entierro por el crecimiento poblacional desbordado de la ciudad. (NETWORK, 2016)³.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA LRT

La principal característica de este tipo de los LRT, es que cuenta con menos capacidad que un tren o metro, ya que ocupan menos espacio en superficie, no son un sistema totalmente segregado y movilizan menos pasajeros, sin embargo, optimizan la movilidad al interior de las ciudades y son un sistema planificado para largo plazo por tener una amplia vida útil.

2.2.1. Ventajas del Sistema LRT

Las ventajas del sistema LRT tomadas de (VIZUETE, 2013)⁴

- El sistema LRT es más accesible debido a sus paradas en superficie, admitiendo estaciones simples como parada de autobús o estaciones exclusivas del sistema.
- Se integra perfectamente con el entorno urbano, ya que es posible la convivencia con peatones, vehículos y bicicletas, implementar el sistema LRT mejora la urbanización y la estética urbana.

³ **NETWORK, LA. 2016.** LA NETWORK. *LA NETWORK*. [En línea] EL TRANVÍA REGRESA A LATINOAMERICA, septiembre de 2016. [Citado el: 3 de mayo de 2018.] <http://la.network/especiales/tranvia-regresa-Latinoamerica/>.

⁴ **VIZUETE, FAUSTO ANDRÉS GUANOLUISA. 2013.** REPOSITORIO PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. QUITO : PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2013.

- Aprovecha el espacio que ocupa y ahorra energía comparado con el sistema metro, al no necesitar iluminación de estaciones andenes y pasillos.
- Es más económico de construir comparado con el metro ya que no necesita infraestructura tan robusta, no requiere túneles por lo general, posee habilidad para tomar curvas cerradas y subir cuestas, manteniendo una larga vida útil.
- Condiciones cinemáticas favorables del vehículo generando mejores tiempos de viaje, mayor frecuencia, seguridad y confort de pasajeros, además de poseer gran capacidad con respecto al sistema BRT.
- Mitigación de la contaminación auditiva por tribología, infraestructura, construcción del material rodante y disminución de vibraciones.
- No se degrada fácilmente ya que no genera sustancias contaminantes.
- Flexibilidad del modo de transporte puede ser utilizado como transporte principal en ciudades medianas y como sistema alimentador en ciudades grandes.

2.2.2. Desventaja de los Sistemas LRT

Las desventajas fueron tomadas de (VIZUETE, 2013):

- Al compartir superficie con otros modos de transporte es susceptible accidentes.
- Tiene mayor relación carga útil/ carga transportada que los trenes ya que deben soportar colisiones con otros vehículos.
- Movilizan menos personas y/ carga que un sistema HRT (Heavy Rail Transport).

- Costos elevados de construcción de líneas, por lo cual la administración de la ciudad en caso de no tener el presupuesto le es necesario acudir a financiación privada.
- Si la compañía que administra la operación del sistema no cubre los costos de explotación ni logra sacar beneficio para sus accionistas y sube a la tarifa a precios muy altos pierde usuarios.

2.3. USOS DEL SISTEMA LRT EN EL MUNDO

En el siglo XXI, algunas ciudades han vuelto a implementar sistemas LRT, siendo ahora sofisticados sistemas tranviarios; por lo cual hoy en día está operando el sistema tranviario en las ciudades de Medellín (Colombia) y del Tranvía de Ayacucho con alimentación eléctrica por catenaria; continuando con el Tranvía de Río de Janeiro alimentación eléctrica en los rieles.

Finalmente están los Tranvías en fase de planificación y construcción, como lo son: el Tranvía de Cuenca (Ecuador), el cual se estima termine la fase de construcción y empiece a operar a finales del 2018; el Tranvía de Rosario (Argentina) se estima termine la fase de construcción en el 2019 y el Tranvía de la Calle 80 en Medellín (Colombia), el cual está esperando la obtención de recursos para iniciar la etapa de construcción. (NETWORK, 2016)⁵.

⁵ **NETWORK, LA. 2016.** LA NETWORK. *LA NETWORK*. [En línea] EL TRANVÍA REGRESA A LATINOAMERICA, septiembre de 2016. [Citado el: 3 de mayo de 2018.] <http://la.network/especiales/tranvia-regresa-Latinoamerica/>.

CAPITULO 3. EL TRANVÍA

Se conoce como Tranvía a un vehículo de tracción eléctrica y que se desplaza sobre rieles, por medio de rodadura metálica. Es un medio de transporte masivo utilizado en ciudades, que operan en las calles compartiendo el espacio con el resto de los modos viarios.

El Tranvía es la configuración de un coche o varios coches, que se colocan sobre un tendido de rieles, en los cuales se posiciona una catenaria a través de la cual el coche recibe la energía para moverse. Normalmente los Tranvías en sus inicios se movían por la tracción de caballos y el desplazamiento se realizaba sobre el mismo estilo de vías, aunque estas sólo servían para mantener al coche en determinados recorridos (Bembibre, 2009). A continuación, en la ilustración 1 se observa uno de los primeros ejemplares de Tranvía eléctrico de Murcia, España, clausurada en 1929 Archivo histórico del BBVA.

Ilustración 1 Primeros Tranvías Alicante heredó algunos Tranvías eléctricos de la red de Murcia.



Fuente: www.historiastren.blogspot.com.co

3.1. HISTORIA DEL TRANVÍA

Fue inventado por el inglés John Outram en 1775 y este consistía en un carruaje que circulaba sobre rieles de fundición halado por dos caballos, se utilizó para transporte colectivo, pero no fue explotado en la ciudad. En el siglo XIX, el Tranvía surge como un modo de transporte urbano de pasajeros sobre carriles; los primeros Tranvías adquieren su importancia cuando la tracción eléctrica reemplaza la tracción por animales (Lopez, 2012).

Estas viejas redes contaban en general con las siguientes particularidades:

- *Había un gran número de compañías, todas ellas con participación de capital privado.*
- *La coordinación e integración de los servicios de las distintas líneas era prácticamente inexistente.*
- *No existía una política de integración tarifaria.*
- *Había carencias importantes en cuanto a regularidad y cumplimiento del servicio, originadas por una falta de inspección.*
- *Las líneas se construían de acuerdo con los intereses comerciales, sin que existiera una planificación rigurosa*

Lo anterior dicho por: (Bembibre, 2009).⁶

⁶ Bembibre, C. (18 de Diciembre de 2009). *DefiniciónABC*. Recuperado el 8 de Marzo de 2018, de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/tranvia.php>

En realidad, se trataba de un conjunto de líneas, no de verdaderas redes de transporte; aproximadamente entre 1880 y 1900, el sistema es electrificado y por ende adquiere una mayor velocidad de operación, mejores condiciones de explotación y, por tanto, una creciente demanda. La construcción de líneas tranviarias poco a poco va adquiriendo una importancia en las capitales en cuestión de movilidad en las ciudades que se instauran.

En 1930 empieza el desmantelamiento de las redes de Tranvías en Europa. La implementación de líneas subterráneas, metros, no es la causa de la desaparición del Tranvía, sino el transporte sobre la superficie, Automóviles y buses. *“El argumento utilizado en muchas ciudades para la supresión de las líneas de Tranvías es que el autobús es un modo de transporte más moderno y más flexible, capaz de proporcionar una mayor calidad de servicio”* ⁷. Realmente, la creciente demanda vehículo privado hace que sea el espacio utilizado por el Tranvía sea tomado para ellos mismos. También la falta de inversión y mantenimiento de la calidad de servicio de las redes, facilitan la justificación su desaparición. El vehículo privado convirtió paulatinamente en el único dueño de la red viaria.

Sobre los años 70, con la creciente demanda de autos los problemas de congestión en las ciudades se agravan y los autobuses se ven envueltos en los embotellamientos. El aumento del índice de motociclistas y la utilización del vehículo para la movilización hacia diferentes lugares de interés, trabajo y hogares principalmente, provocan el colapso de los centros de las ciudades y de las vías de acceso a las mismas. La versatilidad de los autobuses se convierte en su principal enemigo y evidencia los beneficios que ameritan los Tranvías en las ciudades europeas que habían mantenido las antiguas líneas.

⁷Zamorano, C., Bigas, J. M., & Sastre, J. (2006). *Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*. Madrid: Consorcio Regional de Transportes de Madrid pag 32.

Estos problemas provocan que el Tranvía vuelva a resurgir, planteándose nuevos proyectos de integración que utilizan este tipo de sistema, aunque para evitar la connotación anticuada de “Tranvía” se utiliza el término “metro ligero”.

3.2. TIPOS DE TRANVIA

En la actualidad existen cuatro tipos de Tranvías, los cuales se describen a continuación (Zamorano , Bigas, & Sastre, 2006):

- Tranvía convencional: circula en áreas metropolitanas y este comparte su plataforma con el tráfico mixto. Estos se desplazan mediante ruedas metálicas sobre rieles; aunque en la actualidad se están implementando Tranvías con neumáticos para aumentar el coeficiente de fricción y tener mayor tracción en condiciones donde la topografía tiene una pendiente pronunciada, (Ilustración 2).

Ilustración 2 Tranvía Convencional de la ciudad de Cuenca, Ecuador.



Fuente: www.oromedios.com

- Metro Ligero: puede circular en áreas metropolitanas como en áreas interurbanas, es decir puede comunicar poblaciones cercanas al centro urbano. Posee plataforma reservada de uso exclusivo, excepto en las intersecciones con el tráfico mixto, (Ilustración 3).

Ilustración 3 Metro Ligero de Porto, Portugal.



Fuente: <http://www.atlantico.net>

- Tren-tram: es la derivación del Tranvía que dentro de sus propiedades se encuentra la capacidad de realizar varias rutas al tener una doble capacidad de voltaje, el cual le permite transitar entre la infraestructura de un Tranvía y la de un tren convencional; puede alcanzar altas velocidades hasta de 100km/h en zonas interurbanas y velocidades de 30 km/h en áreas metropolitanas,⁸ (Ilustración 4).

⁸ Zamorano , Clara, Bigas, Joan M y Sastre, Julián. 2006. *Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*. Madrid : Consorcio Regional de Transportes de Madrid, 2006.

Ilustración 4 Tren-Tram de Alicante, España.



Fuente: [www. http://ugtfgvalicante.com](http://ugtfgvalicante.com)

- Pre-metro: circula parcialmente en túneles y exclusivamente en núcleos urbanos, sus recorridos son cortos, (Ilustración 5).

Ilustración 5 Pre-metro Buenos Aires, Argentina.



Fuente: www.cronicaferroviaria.blogspot.com.co

3.3. DISTINTOS MEDIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS

- Tren: es un vehículo compuesto por vagones que van acoplados entre sí, que son remolcados por una locomotora los cuales se desplazan sobre rieles segregados del tráfico. Los primeros trenes utilizaban el vapor como fuente de energía, con el paso del tiempo y el avance de la tecnología las locomotoras utilizan combustibles como el Diesel y electricidad. En la actualidad los trenes se utilizan para transportar pasajeros y carga, de una ciudad o país a otro/a, en el caso del transporte de pasajeros el desarrollo tecnológico permite a los trenes que circulen a altas velocidades, siendo conocidos los de altas velocidades como Tren Bala⁹ (Ilustración 6).

Ilustración 6 Tren Tsukuba Express Tokio, Japón.



Fuente: <http://www.eldiariodecoahuila.com.mx>

⁹ PÉREZ PORTO, J and GARDEY, A. Definición de tren — Definicion.de. [1]. [Consultado el May 15, 2018]. Disponible en: <https://definicion.de/tren/>

- Metro: es un sistema férreo que requiere una segregación completa del tráfico. Por lo cual en se construyen para circular subterráneamente y/o superficialmente (Ilustración 7). Funciona dentro el área urbana de la ciudad, y tiene la capacidad de transportar un volumen de pasajeros mucho mayor que un tren o un Tranvía, ya que este realiza recorridos cortos entre diferentes estaciones. Este sistema se integra con otras modalidades de transporte.¹⁰

Ilustración 7 Metro de Medellín, Colombia.



Fuente: propia.

¹⁰ Zamorano , Clara, Bigas, Joan M y Sastre, Julián. 2006. *Manual de Tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*. Madrid : Consorcio Regional de Transportes de Madrid, 2006. 1.

- Autobús: es un vehículo diseñado para transportar a un grupo de personas por carretera de manera simultánea, en un trayecto fijo. También se conocen diferentes variaciones de este vehículo como articulado, biarticulado, bus (ilustración 8), colectivo, camión, bondi, guagua, micro, ómnibus o ruta.

Ilustración 8 Autobús.



Fuente: www.etn.com.mx

CAPITULO 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CIUDADES DE CUENCA Y MEDELLIN.

4.1. HISTORIA DE LA CIUDAD DE CUENCA

Cuenca fue poblada inicialmente por cazadores y recolectores de la etnia Cañarí donde se fundó en el año 500 d.C, caracterizados por conocimientos amplios en Astronomía, agricultura, cerámica y orfebrería; cultura la cual fue conquistada por los incas, quienes adoptaron esos conocimientos de los Cañarí, construyeron la ciudad que ellos llamaron Pumapungo, cuya belleza competía con el Cuzco, sin embargo, los incas la dejaron caer y en 1557 los españoles fundaron la ciudad de Cuenca.

La ciudad de cuenca creció en la época colonial convirtiéndose en la capital de provincia que hoy en día es Azuay, siendo catalogada como la tercera ciudad más grande de Ecuador, destacándose por su belleza debido a su Arquitectura colonial demostrada en catedrales, calles empedradas, plazas y parques, actualmente es una ciudad de gran atractivo turístico, ya que, conserva y mantiene su esencia colonial; por lo cual fue nombrada patrimonio cultural de la humanidad por la UNESCO en 1999. (EcuadorExplorer.com).

4.2. HISTORIA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN

La ciudad de Medellín fue fundada en 1616 por los españoles, nombrada Poblado de San Lorenzo, conocido hoy en día como el barrio el Poblado, en 1675 se estableció la Villa de Nuestra Señora de la Candelaria de Medellín. Fue hasta 1813 cuando la provincia de Antioquia se declaró libre de España; ya en 1826 la ciudad fue nombrada como la capital del departamento de Antioquia, en el congreso de La Republica de la Gran Colombia, quitándole el nombramiento a Santa Fe de Antioquia, todo por orden de Francisco de Paula Santander. Medellín fue evolucionando y de 1870 en adelante el Poblado se convirtió en zona de comercio como proveedor de alimentos, por lo que genero el desarrollo de la cultura, sociedad e intelecto de la ciudad. (Medellín V. y.)¹¹.

Gran parte del avance de la ciudad se debe a la labor de Pedro Justo Berrío, quien proyecto a la ciudad como centro político-económico; generando desarrollo obras como carreteras, sistema férreo como el Tranvía y el ferrocarril de Antioquia. Como acto político importante surgió en 1899 la Sociedad de Mejoras Públicas, promulgando el desarrollo urbano y cultural de la ciudad. En tal sentido Medellín con pocos habitantes fue consolidándose y desarrollándose económicamente con la industrialización género crecimiento por textilería, y transporte masivo como el ferrocarril lo cual amplio la exportación en la ciudad.¹²

¹¹ Medellín, Vítaz y Alcaldia de. *guiaturisticademedellín.com. guiaturisticademedellín.com.* [En línea] [Citado el: 19 de mayo de 2018.] <http://guiaturisticademedellin.com/index.php/es/historia>.

¹² *off2colombia.com. off2colombia.com.* [En línea] [Citado el: 18 de mayo de 2018.] <http://off2colombia.com.co/medellin-geografia-historia>.

4.3. DEMOGRAFIA DE LA CIUDAD DE CUENCA

En Ecuador quien realiza los censos es INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). El crecimiento poblacional de Cuenca del año 1950 a 2001 fue de 295.198 habitantes, ya que según reportes de INEC en 1950 Cuenca tenía 122.434 habitantes, y en 2001 417.632 habitantes. (INEC, 2001).

Sin embargo, el último censo que se desarrolló en 2010 indico que Cuenca tenía 505.585 habitantes, cuyas proyecciones del 2001 estimaron tendría 580.706 habitantes, (forosecuador.ec, 2017)¹³, manteniendo el lugar como la tercera ciudad más grande de Ecuador, según el artículo publicado por El Tiempo Ecuador el 14 de enero de 2018 el cual dice: *“De acuerdo a las proyecciones anuales del Instituto de Estadísticas y censos, INEC, para el 2018 la población de Cuenca alcanzara los 614.539 habitantes”*. (cuenca, 2018)¹⁴.

4.4. DEMOGRAFIA DE LA CIUDAD DE MEDELLIN

En Colombia los censos los realiza el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), la ciudad de Medellín en el último censo realizado en el año 2005 tenía 2.449.080 habitantes, la proyección para el año 2018 es de 2.871.133 habitantes. (Medellín M. d., 2006)¹⁵. Según las proyecciones de EMTELCO en la ilustración 9, se divisa que la ciudad de Medellín contrato una

¹³ **2017.** forosecuador.ec. *forosecuador.ec*. [En línea] 12 de octubre de 2017. [Citado el: 21 de mayo de 2018.] <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/124214-poblaci%C3%B3n-de-cuenca-ecuador-2018-n%C3%BAmero-actual-de-habitantes-de-cuenca>.

¹⁴ **cuenca, eltiempo.com. 2018.** Eltiempo.com. *Eltiempo.com*. [En línea] 14 de enero de 2018. [Citado el: 20 de mayo de 2018.] <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/427942/en-2018-habra-614-539-habitantes-en-cuenca>.

¹⁵ **Medellín, Municipio de. 2006.** medellin.gov.co. *medellin.gov.co*. [En línea] 2006. [Citado el: 18 de mayo de 2018.] <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/>

entidad aparte para obtener resultados más cercanos a la realidad con respecto a la proyección de población, es notable el desfase de 300.000 habitantes con respecto a la proyección del DANE.

Ilustración 9 Tasa de crecimiento proyección de población en Medellín.

Tasa de crecimiento poblacional		
	Total Medellín	
Año	Población	Crecimiento
2016	2.486.723	0,90
2017	2.508.452	0,87
2018	2.529.403	0,83
2019	2.549.537	0,79
2020	2.569.007	0,76

Fuente: perfil demográfico 2016-2020 Total Medellín.

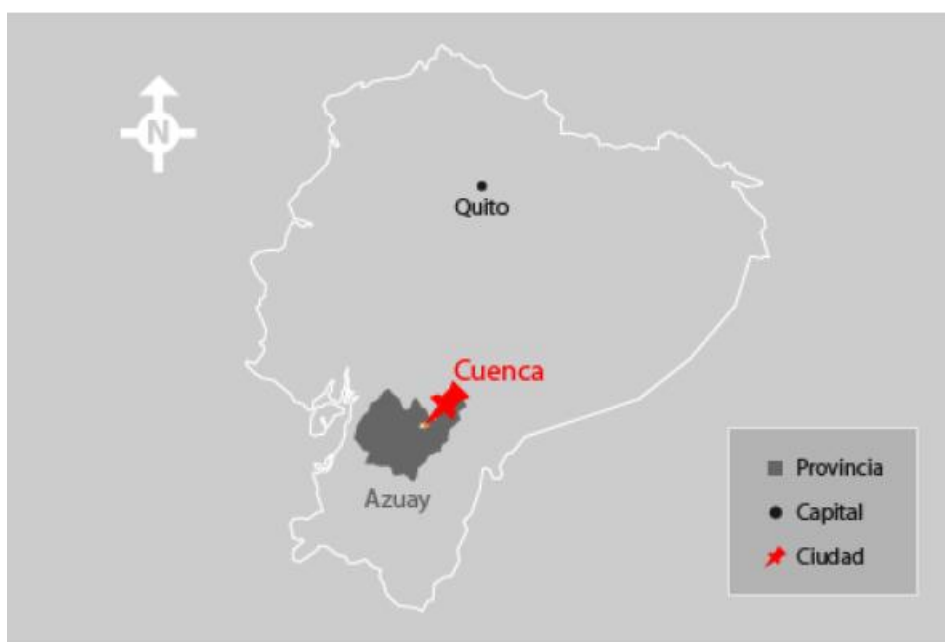
En el transcurso del 2018 se realizó el censo en Colombia, pero los resultados del censo aún no han sido publicados, por lo tanto, no se tiene la cifra exacta de la población al año en curso y por esta razón se trabaja con las proyecciones del DANE y EMTELCO. (EMTELCO, 2015).¹⁶

¹⁶ **EMTELCO. 2015.** medellín.gov.co. medellín.gov.co. [En línea] 2015. [Citado el: 21 de mayo de 2018.]
https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/IndicadoresyEstadisticas/Shared%20Content/Documentos/ProyeccionPoblacion2016-2020/Perfil%20Demogr%C3%A1fico%202016%20-%202020%20Total%20Medellin.pdf.

4.5. GEOGRAFIA DE LA CIUDAD DE CUENCA

La ciudad de Cuenca está ubicada en el centro sur de Ecuador, siendo la capital de la Provincia de Azuay en latitud $2^{\circ} 53' 57''$ S y longitud $79^{\circ} 00' 55''$ O, tiene clima de 12°C a 25°C , está a 300 km de Guayaquil, se puede observar en la ilustración 10. Cuenca está a una altura de 2.538 “m. s. n. m”, cuenta con una superficie de 15.730 hectáreas, se sitúa en un Valle de sistemas montañosos y tiene un sistema hidrográfico conformado por cuatro ríos que son, el Tomebamba, Yanuncay, Machángara y Tarquí los cuales atraviesan la ciudad de oeste a este. (Cuenca)¹⁷.

Ilustración 10 Ubicación y delimitación de la ciudad de Cuenca (Ecuador)

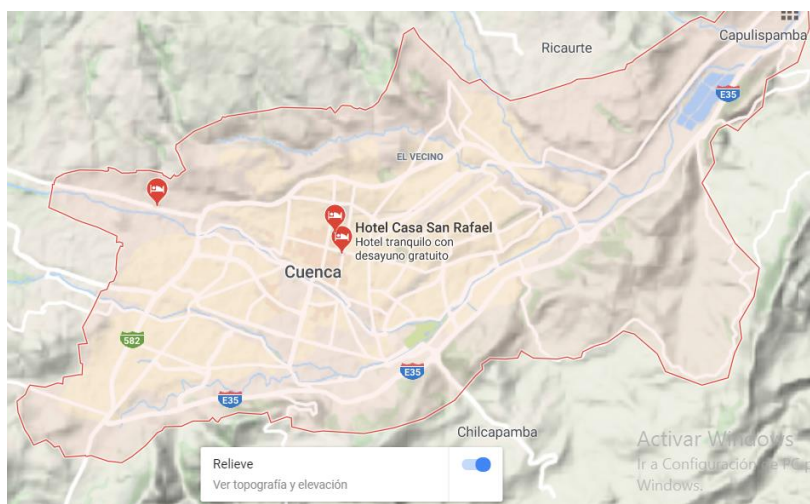


Fuente: http://www.panamericana.ec/trans_app/destinos.php?ciu=20

¹⁷ **Cuenca, Turismo.** cuenca.com.ec. *cuenca.com.ec*. [En línea] [Citado el: 21 de mayo de 2018.] <http://cuenca.com.ec/es/conoce-cuenca>.

El Río Tomebamba atraviesa cuenca de oeste a este, al igual que el Río Yanuncay solo que el Yanuncay pasa más al sur de Cuenca, el Río Machángara llega a Cuenca en el Noreste y el Río Tarquí atraviesa Cuenca desde el Sur-oeste al este. (EcuRed)¹⁸.

Ilustración 11 Relieve de la ciudad de Cuenca.



Fuente: Google Maps.

Cuenca es un territorio con un sistema de drenaje natural como se puede apreciar en la ilustración 11, a pesar de estar rodeado de montañas la ciudad de Cuenca es de superficie llana, variedad de valles, flancos, torrentes, quebradas y mesetas, lo cual conforma los relieves mayores y menores formando la red fluvial de Cuenca, la cual desemboca en la Cuenca del Amazonas. (Melendez)¹⁹.

¹⁸ **EcuRed, editores.** ecured.cu. *ecured.cu*. [En línea] [Citado el: 22 de mayo de 2018.]
[https://www.ecured.cu/Cuenca_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cuenca_(Ecuador))

¹⁹ **Melendez, Erika.** lifeder.com. *lifeder.com*. [En línea] [Citado el: 22 de mayo de 2018.]
<https://www.lifeder.com/relieve-de-cuenca/>

4.6. GEOGRAFIA DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN

La ciudad de Medellín está localizada en el valle de Aburrá tiene 37.621 hectáreas, a una altitud de 1.500 “m. s. n. m” como se aprecia en la ilustración 12, con una temperatura promedio de 22°C²⁰, es una ciudad en la cual llueve constantemente, precipitación anual de 1.571 mm, la ciudad está dividida por el Río Medellín el cual atraviesa la ciudad hacia el Norte, rodeado por los ramales de la cordillera central de los Andes, como se observa en la ilustración 13 la ciudad de Medellín es similar a una cuenca con variedad de pendientes. (Medellín M. d., 2006).

Ilustración 12 Ubicación y delimitación de la ciudad de Medellín.



Fuente: Google Maps

²⁰ off2colombia.com. *off2colombia.com*. [En línea] [Citado el: 18 de mayo de 2018.]
<http://off2colombia.com.co/medellin-geografia-historia>.

Ilustración 13 Relieve de la ciudad de Medellín.



Fuente:

<https://arquitectura.medellin.unal.edu.co/escuelas/habitat/galeria/displayimage.php?pid=849>

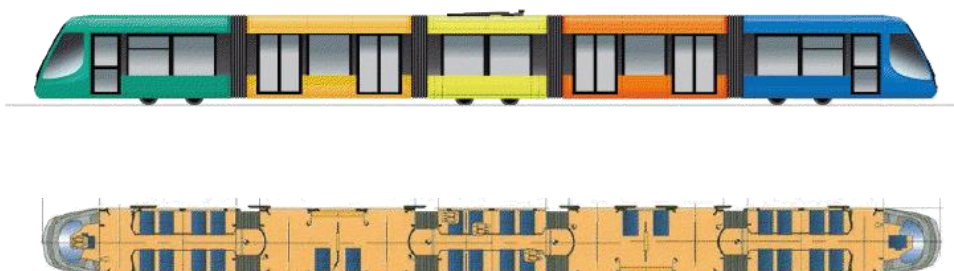
CAPITULO 5. SISTEMA TRANVIARIO DE LAS CIUDADES DE CUENCA, ECUADOR Y MEDELLIN, COLOMBIA.

5.1. MATERIAL RODANTE

5.1.1. Cuenca

El Tranvía de Cuenca cuenta con unos coches de la empresa francesa ALSTOM, modelo Citadis 302 (Ilustración 14), con una vida útil de 30 años. Cada rama está compuesta de manera bidireccional con 5 módulos articulados de los cuales dos son cabinas de conducción. Posee un sistema de alimentación por catenaria y APS (Tercer riel central), este último es un sistema que se implementó para no impactar el centro histórico de Cuenca; para ello, el Citadis desciende un patín el cual hace contacto con el tercer riel, electrificando los motores para que este pueda continuar su trayecto con su pantógrafo (Ilustración 15) recogido sobre su techo y así minimizar el impacto visual. Claro está que este sistema es muy costoso, por eso se utiliza solo en las zonas históricas de la ciudad.

Ilustración 14 Tranvía Citadis 302 ALSTOM



Fuente: <http://www.cedres.info>

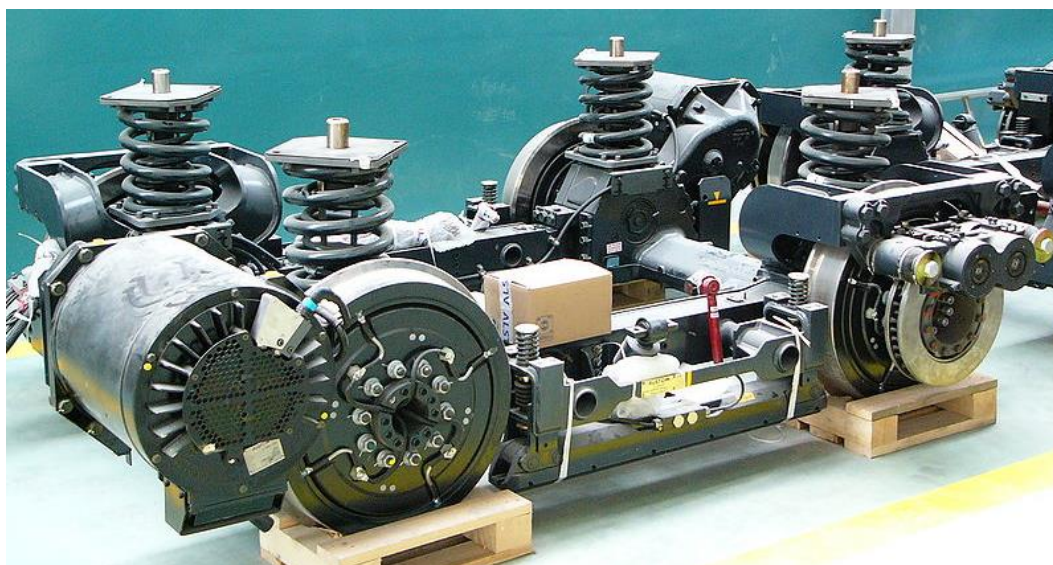
Ilustración 15 Pantógrafo Tranvía de Cuenca



Fuente: <http://www.tramz.com/ec/c/cs.html>

Las dimensiones de cada Tranvía son de 32,55 m de largo, 2,65 m de ancho y 3,47 de altura, con una carrocería de aluminio y acero; con una capacidad de transportar a 300 personas con cuatro motores Onix 800 de 120 kW de potencia unitaria, los cuales trabajan con 750 V (voltios) de corriente continua. Los motores impulsan tres bogíes que poseen cuatro ruedas metálicas cada uno, el diámetro de cada una es de 590 mm. En lo que se refiere al sistema de frenado, este tiene cuatro dispositivos de detención: anti-patinaje y antideslizamiento, freno eléctrico y mecánico, freno de emergencia y freno de estacionamiento. En la ilustración 16 se puede observar un bogíe con sus configuraciones de ruedas y frenos mecánicos.

Ilustración 16 Bogie Citadis 302



Fuente: <http://www.esacademic.com>

En la tabla a continuación se muestra ficha técnica del modelo Citadis 302 de ALSTOM:

Tabla 1 Ficha Técnica Citadis 302

Marca	ALSTOM
Modelo	Citadis 302
Años vida útil	30
Composición autónoma	Bidireccional, 5 módulos articulados y dos cabinas de conducción
Capacidad de transporte	300 personas
Consumo de energía	750 V en corriente continua
Motores	4 de 120 kW de potencia unitaria
Velocidad comercial	máxima 70 km/h y media 20 km/h

Dimensión	32,55 m, Ancho: 2,65 m, Altura: 3,47 m
Diámetro de las ruedas	590 mm nuevas y 530 mm desgastadas
Peso del Tranvía	40 T vacío y 56,65 T cargado
Ancho libre en las puertas	0,800 m en las sencillas y 1,300 m en las dobles
Materiales de la estructura y caja	aluminio y acero
Composición	3 bogíes, 5 módulos
Piso	Piso bajo integral
Puertas	12 puertas de acceso, 6 a cada lado
Frenos	Freno de emergencia
	Freno de estacionamiento
	Anti-patinaje y antideslizamiento
	Freno eléctrico y mecánico

Fuente: Alstom

5.1.1.1. Debilidades Tranvía de Cuenca

- La rigidez del emplazamiento del sistema hace que no pueda desviarse de su trayecto, por lo tanto, cuando ocurre un accidente el sistema queda detenido, un gran problema al ser el sistema de transporte principal de la ciudad.
- Comparte cruces viales con otros modos de transporte por lo cual, si ocurre algún incidente en los cruces, como resultado se retrasa la operación del sistema.
- El sistema en las zonas de alta demanda podría quedarse corto por ser el único modo de transporte que circula, ejemplo en el centro histórico.

5.1.2. Medellín

El Tranvía Ayacucho de Medellín es fabricado por la empresa francesa ALSTOM, modelo STE5. Este es un Tranvía convencional que no posee un sistema de tracción de bogíes con ruedas metálicas, sino un sistema Translöhrr (ilustración 17), es decir, que los coches descansan sobre 6 ejes con neumáticos los cuales se ubican, cuatro en los fuelles y dos a los extremos de la rama. Utiliza un riel central al cual se sujeta y únicamente tiene la función de guiar el vehículo por la vía designada mediante un mecanismo de dos ruedas metálicas que se adhieren al riel (ilustración 19). Cada rama está compuesta de manera bidireccional con 5 módulos articulados de los cuales dos son cabinas de conducción.

Ilustración 17 Tranvía Translöhrr ALSTOM



Fuente: <http://www.alstom.com>

Este Tranvía cuenta un sistema de electrificación ferroviaria para su funcionamiento, por medio de Pantógrafos, el cual se ubica sobre el coche y se extiende hasta hacer contacto con la catenaria, por la que circula la electricidad.

Para la seguridad de la operación, este Tranvía cuenta con un sistema llamado “*Hombre muerto*” el cual consiste en una serie de botones que el conductor del vehículo debe estar tocando para mantener la concentración y avisar al sistema del vehículo, que a el conductor no le ha sucedido nada, es decir no ha tenido ningún problema que evite la maniobrabilidad de este. Cuando el sistema detecta inactividad en los botones, este hace sonar una alarma dentro de la cabina del coche y si pasados 30 segundos el conductor no responde, este sistema detiene en su totalidad el Tranvía y envía una alerta a la central de control.

Como se observa en la ilustración 18, el sistema de guiado no tiene ningún mecanismo que genere propulsión de las ruedas metálicas. Estas están diseñadas para anclar al riel y dar dirección al Tranvía, como se observa en la ilustración 19 tienen un recubrimiento en neopreno para no generar algún tipo de vibración o ruido en los coches.

Ilustración 18 Ruedas de sistema Translöhrr.



Fuente: Propia.

Ilustración 19 Sistema de guiado Translöhrr



Fuente: NTL Brochure

Tabla 2 Ficha técnica de Translöhrr STE5.

Marca	ALSTOM y NTL
Modelo	Translöhrr STE5
Años vida útil	30
Composición autónoma	Bidireccional, 5 módulos articulados y dos cabinas de conducción
Capacidad de transporte	300 personas
Consumo de energía	750 V en corriente continua
Motores	4 motores eléctricos, sustentados por una catenaria (2 en cada eje extremo y 2 en un eje intermedio).
Velocidad comercial	máxima 70 km/h y media 20 km/h
Dimensión	39 m, Ancho: 2,50 m, Altura: 3,12 m
Diámetro de las ruedas	Neumáticos 385/65 22,5In
Peso del Tranvía	35,2 T en vacío y 50 T cargados
Ancho libre en las puertas	1,2 m. Dobles
Materiales de la estructura y caja	Aluminio y acero
Composición	3 bogíes, 5 módulos
Piso	Piso bajo integral
Puertas	10 puertas de acceso, 5 a cada lado
Frenos	Freno de emergencia Hombre muerto
	Freno de estacionamiento
	Sistema antibloqueo de frenos ABS
	Freno eléctrico y mecánico

Fuente: Empresa Metro de Medellín

5.1.2.1. Debilidades Tranvía Ayacucho

- El Tranvía de Ayacucho estará integrado con líneas de metro cable (Línea M y H), las cuales están actualmente en construcción, el inconveniente es que actualmente el Tranvía moviliza 4.500 personas en hora pico, por lo tanto, cuando los pasajeros de esas líneas de metro cable se transporten por medio del Tranvía el sistema entrara en colapso.
- No cuenta con sistema alimentador, lo cual es necesario para un sistema de transporte de carga media, al ser el modo de transporte interconector entre las líneas de metro cable M y H con el metro.
- El Tranvía actualmente comparte la vía con actores como bicicletas y peatones, esto se debe a que el carril es segregado pero no por señalización ni bolardos, además de cruces viales con otros modos de transporte, por lo cual en caso de accidente se bloquea el sistema por completo, ya que el Tranvía es una sola línea y como sistema segregado y emplazado no puede desviar su trayecto, generando colapso en la movilidad general del Tranvía por lo largo de su trayecto y calles aledaña que cruzan el trayecto del sistema.
- Cuando el sistema tiene accidentes como descarrilamientos con los actores viales ya antes mencionados, se genera un bloqueo del sistema por aproximadamente una hora (Comento el Ingeniero Zapata que es el tiempo que les toma restaurar la operación del Tranvía)²¹, dejando a los usuarios sin transporte por ese lapso de tiempo.

²¹ La información fue suministrada por el Ingeniero Jhon Ferley Zapata durante la visita técnica al patio taller de Miraflores en mayo del presente año por los autores de este trabajo de grado.

- Es más costoso que un sistema tranviario convencional desde la inversión hasta la operación.

5.2. FORMA DE PAGO Y TARIFAS

Para la operación de cualquier sistema de transporte público es importante los ingresos y como se hace la captación de estos. Para la fijación de las tarifas es necesario realizar los estudios pertinentes y con base a los precios de los insumos que son utilizados para el mantenimiento, operación y pago del personal administrativo y operarios de la empresa prestadora del servicio. Esta tarifa que incluye todo lo anterior se les cobrará a los usuarios del sistema. (Ospina, 2016)

Por otra parte, cómo se hace el recaudo del dinero depende que mecanismo que implementa cada autoridad local para la forma de pago. Existen diferentes opciones de pago como lo son la venta de tiquetes, pago en efectivo o por medio de tarjetas electrónicas recargables. (RUIZ CASTILLO & VILLACRESES NOVILLO, 2015).

5.2.1. Cuenca

La consultora León Godoy determino que: *“La tarifa por el uso del sistema de transporte será inicialmente de \$ 0,35. Si el promedio de usuarios es menor a los 65.000 diarios, el pasaje se incrementará a \$ 0,50.”*²² Así lo aseguro el alcalde de la capital de Azuay. Para el recaudo de la tarifa se utilizará un sistema de tarjetas electrónicas recargables (MOVILIZATE), las cuales tendrán

²² Tomado de: El Telégrafo

un costo de (USD) \$1,70, aparte del costo del viaje. También se prevé que las personas de tercera edad y estudiantes cuencanos con edades entre 6 y 18 años no cancelaran el costo del viaje.

Ilustración 20 Tarjetas MOVILIZATE



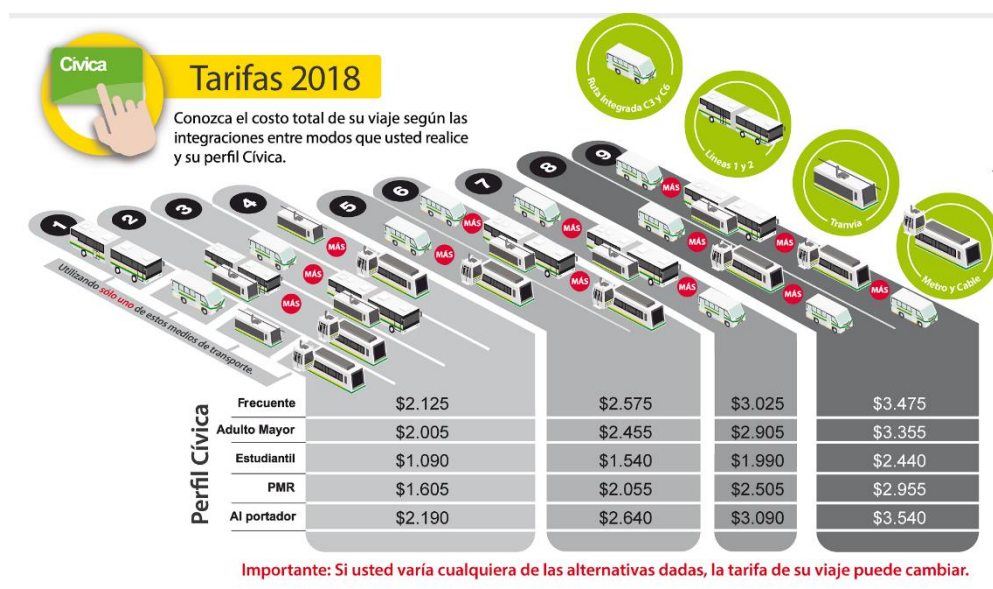
Fuente: <http://www.late.com.ec>

Como se observa en la ilustración 20, las tarjetas MOVILIZATE serán cuatro tipos de tarjetas recargables. Las cuales diferenciarán los tipos de usuarios del sistema de transporte, como lo son los estudiantes, turistas, tarifa diferida y la tarifa regular.

5.2.2. Medellín

En el valle de Aburra, la tarifa del sistema tranviario varia, ya que la red de transporte es mucho más compleja y la línea T-A es una ruta alimentadora del sistema integrado de la ciudad de Medellín. Como se observa en la ilustración 21, el valor de la tarifa del Translöhrr de Ayacucho no se discrimina fácilmente.

Ilustración 21 Tarifas del Sistema integrado del Valle de aburra



Costo viaje para usuarios SIN Tarjeta Cívica, que **NO** gozan beneficios de integración

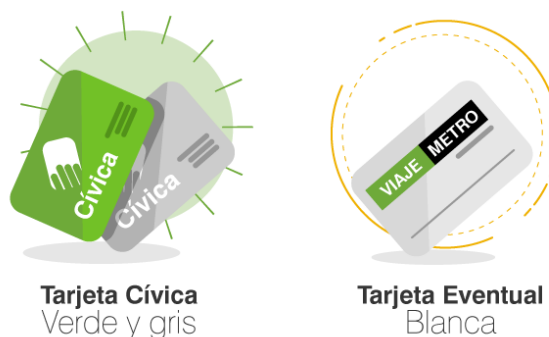
Eventual \$2.400

NO aplica para Línea 2 de Buses, ni rutas alimentadoras, ni rutas integradas.

Fuente: Empresa Metro de Medellín

La forma de pago del Tranvía de la línea T-A, es un sistema de tarjetas electrónicas recargables (CIVICA), la cual está en funcionamiento desde el año 2007 (Empresa de transporte masivo del valle de aburra, 2017). CIVICA cuenta con cuatro tipos de tarjetas las cuales son *Personal*, *Al portador*, *Eventual* y *Arví*. A continuación, se describen las tarjetas anteriores mencionadas (Ilustración 22):

Ilustración 22 Tarjetas CIVICA



Fuente: www.behance.net

- **Personal:** esta tarjeta está grabada con los datos de los usuarios, es gratuita y de acuerdo con el perfil del usuario, ya sea estudiante, persona discapacitada, tercera edad o usuario frecuente. Las tarifas de esta tarjeta son aplicadas de acuerdo con el tipo de usuario.
- **Al portador:** esta tarjeta se obtiene en cualquiera de las taquillas del Sistema, con el número de identificación y cancelando el valor del viaje Al Portador (\$2.190) COP.
- **Eventual:** tarjeta de color blanco y marcada con la leyenda “Viaje METRO”, que se adquiere en cualquier punto de venta, cancelando la tarifa más alta.
- **Arví:** esta tarjeta se adquiere para acceder al parque Arví por la línea de metro-cable L (Santo Domingo L).

De las anteriores para ingresar al sistema tranviario solo se utilizan las tarjetas *Personal*, *Al portador* y *Eventual*. Ya que la línea L que tiene como objetivo prolongar la línea K hasta el parque Arví, el cual se encuentra a las afueras de la ciudad de Medellín.

5.3. CONFIGURACIÓN DE LAS RUTAS

La ruta es el recorrido que tiene la vía férrea y es por donde los Tranvías realizaran su trayecto. Para determinarla es necesario realizar diferentes estudios que permitan establecer cuál es la alternativa más adecuada para la ciudad, las rutas pueden ser principales o alimentadoras.

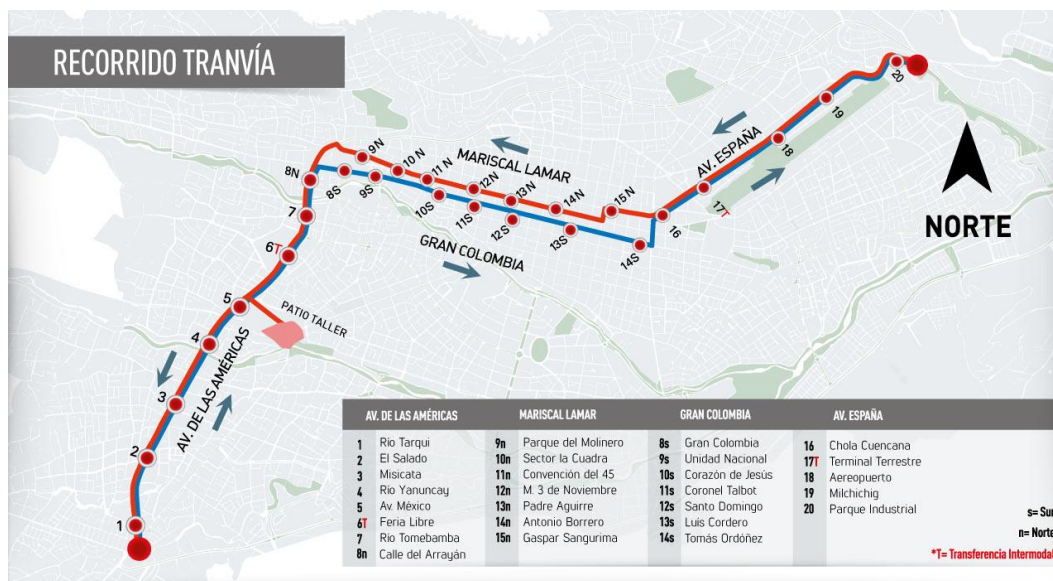
A lo largo de la ruta se encuentran localizadas estaciones, en las cuales se ubican estratégicamente para que los usuarios puedan acceder al sistema de transporte masivo. El trazado sistema tranviario se elige de acuerdo con estudios que indica la incidencia espacial, económica, ambiental y entre otros. Para seleccionar el de menor riesgo y un nivel de servicio de condiciones aptas para los usuarios. (Zamorano , Bigas, & Sastre, 2006)

Las rutas del sistema tranviario permiten adecuar, mejorar, reorganizar y modernizar su entorno alrededor de las plataformas en las cuales funcionara el SIMTP (Sistema Integrado Masivo de Transporte Público). Atrayendo el comercio e impulsando al mejoramiento social circundante.

5.3.1. Cuenca

En la ciudad de Cuenca, resultado de los estudios para el Tranvía de los 4 ríos, se determinó sesgar la plataforma, es decir, que sea una vía exclusiva o única, separando del tráfico mixto (automóviles, motocicletas, buses y taxis) del sistema férreo. Lo anterior es para darle prioridad de movilidad al Tranvía; lo cual permite que la operación de este sea eficaz, ágil y segura para los ciudadanos y usuarios.

Ilustración 23 Ruta Tranvía de los 4 ríos



Fuente: www.tranvia.cuenca.gob.ec/rutas

La ruta del Tranvía de Cuenca (Ilustración 23) tiene una longitud de 10,7 km por trayecto y un total de 21,4 km de ida y vuelta. Esta se extiende sobre cuatro avenidas principales las cuales son la Av. de las Américas, Av. Gran Colombia, Av. Mariscal Lamar y Av. España. A lo largo de la ruta se encuentran en total 20 estaciones. Cabe resaltar que la ruta se divide en dos trayectos ya que se encuentra el centro histórico de la ciudad, entre las estaciones **Rio Tomebamba** y **Chola Cuenca**; sobre estos trayectos no hay tendido eléctrico aéreo es decir no hay catenaria sino el sistema APS. (RUIZ CASTILLO & VILLACRESES NOVILLO, 2015)

El recorrido inicia en el sur en la estación Rio Tarquí, hacia el norte por la Av. de las Américas hasta llegar a la estación de Rio Tomebamba, para luego girar hacia el oriente por la Av. Gran Colombia hasta la estación Chola Cuenca y

seguir hacia el norte por la Av. España hasta llegar a parque industrial la cual es la última en el trayecto norte. En el recorrido hacia el sur lo hace de la misma manera, pero en este caso no recorre la Av. Gran Colombia sino la Av. Mariscal Lamar.

5.3.2. Medellín

En la ciudad de Medellín, el Tranvía que circula principalmente por la calle de Ayacucho es utilizado como una línea alimentadora del sistema de Metro. Una característica de resaltar es que en la mayoría de su trayecto se encuentra con una pendiente alta para sistemas férreos, con una máxima de 12%. El trayecto del Tranvía tiene una longitud por sentido de 4,3 km y un total de 8,6 km. El recorrido cuenta con 9 estaciones en total y 3 estaciones de transferencia. El trayecto del tranvía se encuentra delimitado solo por unas baldosas, es decir permite el cruce de peatones, vehículos, bicicletas, entre otros, informo el ingeniero Zapata durante la visita técnica al patio taller Miraflores que los accidentes que se presentan en la vía del tranvía son por las intersecciones mas no por compartir calzadas con otros modos de transporte.

A su vez a esta línea T-A, línea (Ilustración 24) del Tranvía es alimentada por dos sistemas de metro-cables. Las Líneas M y H, las cuales se integran en las estaciones Miraflores y Oriente, Respectivamente. En la actualidad (año 2018) solo se encuentra en funcionamiento la línea H. La línea M se encuentra en construcción.

Ilustración 24 Ruta Tranvía de Ayacucho



Fuente: <http://www.elcolombiano.com>

La ruta T-A inicia en la estación de transferencia de San Antonio y Ascende hacia el oriente por la calle de Ayacucho.

5.4. ESTACIONES

Son los espacios en donde el usuario accede al coche o material rodante para poderse movilizar a través del Sistema. La percepción que estas generan en los usuarios es de gran importancia porque es la imagen que transmite el sistema de transporte público en materia de accesibilidad, información, protección contra efectos climatológicos, limpieza y diseño adecuado. La localización de las paradas a lo largo del trayecto, se encuentran separadas entre 400 – 500 m entre las mismas. Su estructura debe estar cerca a los cruces para facilitar el acceso de los usuarios al sistema, pero con el cuidado de que la plataforma reservada no debe ser cruzada con facilidad por los peatones. (Zamorano , Bigas, & Sastre, 2006).

La configuración de las estaciones está directamente relacionada con la disposición de las puertas que poseen los coches del sistema de transporte. Existen dos tipologías de estaciones de paradas con andenes laterales y paradas con andenes centrales, también conocidas como estaciones de diapasón. Cuando existen en un mismo trayecto las dos tipologías, indican que el material rodante es reversible o bidireccional. Por lo general, para los sistemas BRT solo utilizan estaciones con andenes laterales ya que en su mayoría los buses solo poseen puertas en un solo costado, a excepción de algunos sistemas que poseen puertas en ambos costados.

En cuanto a las dimensiones de los andenes en las estaciones, están acondicionadas al largo del vehículo y el alto del piso de los coches. En promedio la longitud del andén de los sistemas tranviarios se encuentra entre 30 a 40 metros, porque permite el aparcamiento de vehículos de 30 a 32 metros. Aunque existen andenes de 60 metros que garantiza una elevada capacidad de operación del transporte.

Por otra parte, para que los usuarios ingresen a la estación se encuentran las taquillas y un mecanismo de control que permite el acceso y salida de la estación. En las taquillas se encuentra el personal encargado de la estación, quienes tienen a cargo la venta del boleto o saldo que se abona a la tarjeta del sistema entre otras actividades; también se pueden encontrar dispositivos electrónicos de recaudo. Para el control de acceso a las estaciones, se encuentran diferentes mecanismos que descuentan el valor de la tarifa y permiten el paso de un usuario por el costo de un solo pasaje.

5.4.1. Cuenca

Las 20 estaciones de Cuenca se constituyen de un diseño muy elemental que no cuenta con taquillas ni con compuertas de control de acceso; el descuento del pasaje se realiza dentro de los coches del vehículo y no sobre las estaciones. La venta de los pasajes se realiza por medio de máquinas que los propios usuarios del sistema podrán utilizar para realizar la recarga de sus tarjetas electrónicas. Las paradas a lo largo de la Av. De las Américas y Av. España son de andén central (Ilustración 25); en la Av. Gran Colombia y Av. Mariscal Lamar cuentan con andenes laterales, esto se debe a que estas son angostas y se encuentran localizadas sobre el centro histórico, como se observa en la ilustración 26, minimizan el impacto visual sobre las zonas de valor arquitectónico (Zamorano , Bigas, & Sastre, 2006).

Ilustración 25 Estación de andén central Tranvía de Cuenca



Fuente: <http://www.corape.org.ec>

Ilustración 26 Estación de anden lateral Centro Histórico.



Fuente: <https://es.slideshare.net/VPaulGranda/tranvia-ideal-para-el-centro-historico-de-cuenca>

5.4.2. Medellín

Las 9 estaciones del Tranvía de Ayacucho se caracterizan en su totalidad por tener andenes de paso a nivel, la longitud de este es de 60 metros. Teniendo una separación entre estaciones de 457 metros en promedio. El ingreso y salida de estas se realiza cerca de las taquillas, cuentan con un sistema de control de acceso, popularmente conocidas como “torniquetes”, hechas con paneles de acrílico que realizan una apertura para dar acceso a una persona por pago.

Por otra parte, sobre los andenes se ubican unas puertas que solo se abren cuando el Tranvía se encuentra parado en la estación, estas aíslan la plataforma para prevenir que las personas ingresen al sistema de manera ilegal y también brindan seguridad a los usuarios dentro de ellas.

Ilustración 27 Estación de oriente Tranvía de Ayacucho



Fuente: Propia

Como se observa en la ilustración 28 las puertas de la izquierda se encuentran cerradas cuando no hay ningún Tranvía. En cambio, las puertas se encuentran abiertas ya que un Tranvía se ubica sobre la plataforma. Asimismo, la tipología de esta estación es de andén central o diapasón.

En la tabla a continuación se resumen las estaciones del sistema:

Tabla 3 Resumen de estaciones Tranvía de Ayacucho

Estaciones	Tipo de andén	Característica
San Antonio	Central	Transferencia
San José	Lateral	Estándar
Pabellón del Agua EPM	Lateral	Estándar
Bicentenario	Lateral	Estándar
Buenos Aires	Lateral	Estándar
Miraflores	Lateral	Transferencia
Loyola	Lateral	Estándar
Alejandro Echavarría	Lateral	Estándar
Oriente	Central	Transferencia

Fuente: Elaboración propia.

5.5. PATIOS

También llamados cocheras son instalaciones de gran tamaño que requieren una superficie de gran extensión. Estos recintos deben ubicarse muy cerca al trazado de la red tranviaria, ya que al ser un sistema guiado tiene que seguir enlazado mediante una vía específica.

En los patios se realizan diferentes actividades con diferentes funciones para la reparación del material rodante; por esto también se les puede decir Patio-taller. Entre las actividades que se realizan en estas instalaciones están:

- Estacionar los vehículos cuando no se encuentran en servicio (horas valle, horario nocturno).
- Realizar el mantenimiento preventivo y limpieza externa e interna al material rodante.

- Realizar el mantenimiento Correctivo (perfilado de ruedas, cambio de componentes) y así como la reparación de incidentes e imprevistos.
- Almacenaje de repuestos y componentes necesarios para reparaciones.
- Lugar de concentración del personal de conducción, mantenimiento, e inspección.

5.5.1. Cuenca ²³

El patio taller del Tranvía de los 4 ríos, se encuentran próximas a la estación de Av. México. Estas instalaciones (Ilustración 27) cuentan con 16.000 m² de área total, las cuales están divididas en diferentes zonas como zona de almacenaje principal y auxiliar, cocheras, oficinas y lavadero. La zona de taller y cocheras cuentan con 7.000 m² de superficie para el de estacionamiento de los 14 Tranvías; la zona de mantenimiento cuenta con 5 bahías de servicio y la cochera cuenta con una capacidad de 8 líneas de estacionamiento. El resto de las zonas se dividen en áreas administrativas y de acogida de empleados.

²³ EcuRed, e. (s.f.). *ecured.cu*. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de *ecured.cu*:
[https://www.ecured.cu/Cuenca_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cuenca_(Ecuador))

Ilustración 28 Patio- Taller de la ciudad de Cuenca.



Fuente: <https://es.slideshare.net/VPaulGranda/tranvia-ideal-para-el-centro-historico-de-cuenca>

5.5.2. Medellín

Ilustración 29 Entrada para el personal Patio Miraflores



Fuente: Propia

El patio-taller (Ilustración 30) del Tranvía del valle de aburra se encuentra ubicado junto a la estación de Miraflores. Abarca una extensión aproximada de 9.692 m² las cuales se dividen en 6 zonas las cuales son: zona admirativa, zona de estacionamiento, zona de mantenimiento, zona de alistamiento, zona de distribución y zona de estacionamiento de vehículos de mantenimiento del sistema.

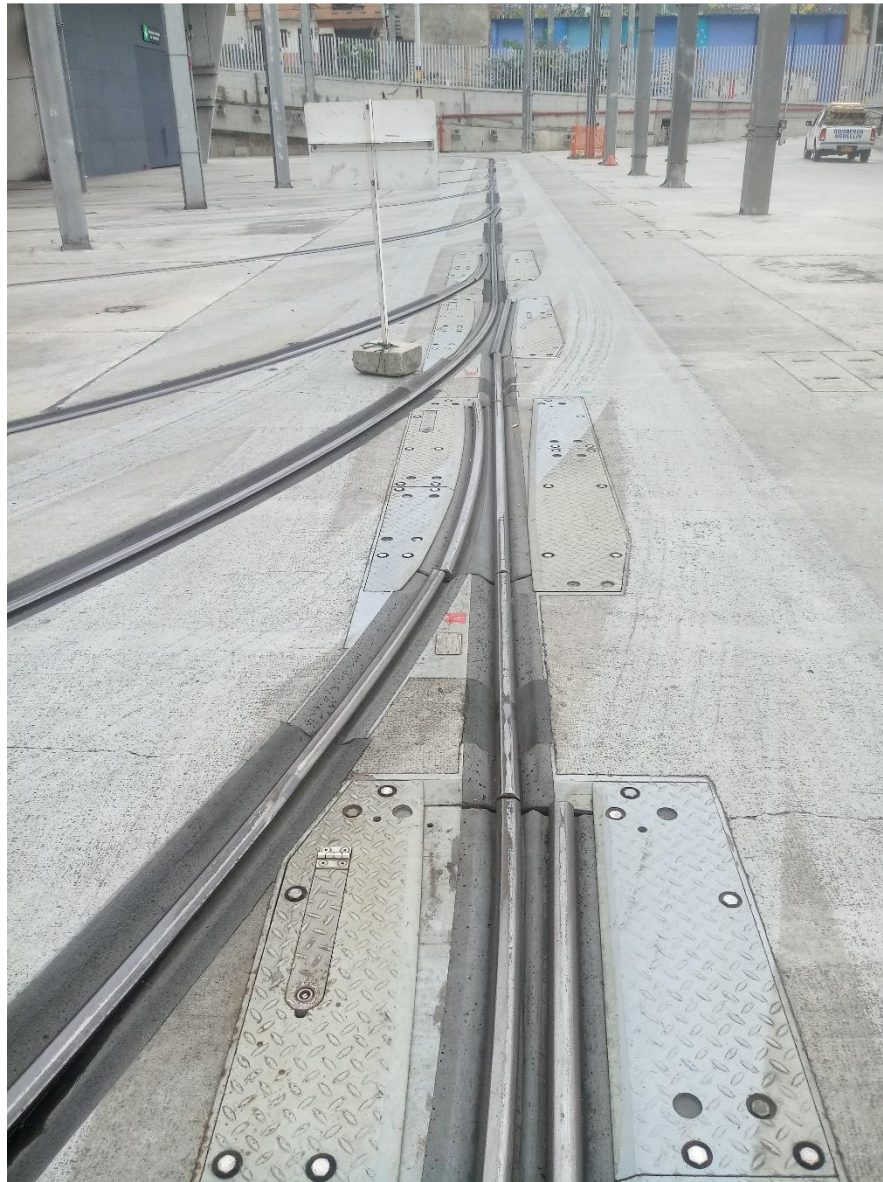
Ilustración 30 Planta patio-taller Tranvía de Ayacucho



Fuente: https://www.medellin.gov.co/MAPGISV5_WEB

- **Zona de distribución:** esta zona está conformada por rieles que reparten los coches desde la entrada a las diferentes zonas del patio-taller. Mediante cambiavías (Ilustración 31), se redirige el Tranvía a su lugar de destino dentro de las instalaciones del patio.

Ilustración 31 Cambiavías, Zona de distribución



Fuente: Propia

- **Zona de estacionamiento:** tiene una capacidad para aparcar a 8 Tranvías en cuatro plataformas estas se encuentran descubiertas (Ilustración 32).

Ilustración 32 Zona de Estacionamiento.



Fuente: Propia

- **Zona de mantenimiento:** esta zona posee una capacidad para 4 Tranvías, esta alberga oficinas del taller, almacén de repuestos, grúas y plataformas elevadas para que los encargados del mantenimiento puedan acceder al techo de los coches. Solo dentro de esta zona el riel cambia su perfil, para poder desempotrar los coches de la plataforma y así poder elevarlos con las grúas (Ilustración 33).

Ilustración 33 Zona de mantenimiento.



Fuente: Propia

- **Zona de alistamiento:** en esta área se revisan los ramales que saldrán a operación. Se revisa y limpia el interior de los coches, también se verifica que estos estén en condiciones aptas para su funcionamiento, realizando pruebas y diagnósticos antes de salir de las instalaciones del patio.
- **Zona administrativa:** el personal administrativo, conductores y demás operarios son acogidos en esta zona para iniciar, operar y finalizar. Sus jornadas laborales.
- **Zona de vehículos de servicio del sistema:** los vehículos de emergencia y mantenimiento, tanto de la estructura del sistema tranviario como el de los Tranvías ocupan esta zona del patio (Ilustración 34).

Ilustración 34 Zona de estacionamiento de vehículos de servicio.



Fuente: Propia

CAPITULO 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS TRANVIARIOS DE CUENCA Y MEDELLÍN.

Para el análisis comparativo de los sistemas se establecieron unos cuadros comparativos con la información operativa, la información de costos e infraestructura de cada tipo de sistema tranviario, midiendo variables características de operación.

En la tabla 4 se tienen en cuenta las variables de operación y características básicas de operatividad de los sistema tranviarios, ya que se establecen los parámetros de caracterización, con el propósito de una comparación eficaz, para lo cual se toman variables tales como: número de unidades de material rodante de cada ciudad, velocidad promedio que aplica el material rodante en el trayecto, duración del trayecto en minutos desde el origen hasta el destino final, las frecuencias en minutos de cada Tranvía en hora valle y en hora pico, es decir el tiempo de espera entre Tranvía y Tranvía en las estaciones, finalmente el número de pasajeros promedio y máximo diario.

Tabla 4 Cuadro comparativo de velocidad, tiempo y confort del pasajero.

Operación	Cuenca (Ruiz Castillo, y otros, 2015)	Medellín (Metro de Medellín, 2015)
Unidades	14 Tranvías	12 Tranvías
Velocidad promedio	42 km/h	17,5 km/h
Duración por trayecto desde la primera hasta la última parada	35 min	30 min
Frecuencia hora pico	Cada 6 minutos	Cada 5 - 6 minutos
Frecuencia hora valle	Cada 10 minutos	Cada 7 - 9 minutos
Promedio de pasajeros	120.000 personas/día	40.000 personas/día
Máximo de pasajeros	150.000 personas/día	51.000 personas/día

Fuente: Propia

Para analizar el dimensionamiento de la operación de los sistemas tranviarios se deben correlacionar las características de los pasajeros, infraestructura y capacidad del material rodante. Por medio de la verificación de dos hipótesis, se dimensiona la flota necesaria para la operación del servicio, lo anterior se estudia con las siguientes ecuaciones. (Zamorano , Bigas, & Sastre, 2006)

El tiempo que demora en transitar un coche por toda la línea se calcula por medio de la ecuación (1).

$$\text{Tiempo de recorrido por trayecto} = \frac{2 \cdot \text{Longitud del trayecto}}{\text{Velocidad de operación}} \quad (1)$$

Con la ecuación (2) se obtiene el número de veces que transita un Tranvía en una hora de operación.

$$\text{Pasos por hora} = \frac{\text{Velocidad de operación}}{2 \cdot \text{Longitud del trayecto}} \quad (2)$$

- a) Para el dimensionamiento por intervalo se evalúa por la frecuencia de hora pico u hora valle se calcula de acuerdo con la ecuación (3), pero para seleccionar el dimensionamiento por intervalo adecuado se hace con la hora pico.

$$\text{Dimensionamiento por intervalo} = \frac{\text{Tiempo de recorrido por trayecto}}{\text{Frecuencia hora pico o valle}} \quad (3)$$

- b) Para el dimensionamiento por ocupación se calcula con la capacidad máxima de cada coche y el número de veces que pasa en una hora, de acuerdo con la ecuación (4).

$$\text{Dimensionamiento por ocupación} = \text{Pasos por hora} \cdot \text{Capacidad Max del coche} \quad (4)$$

Y para saber el número de coches necesarios para la operación en la hora punta se deduce con la ecuación (5).

$$\text{Número de tranvías necesarios en hora punta} = \frac{\text{Maximo de pasajeros}}{\text{Dimensionamiento por ocupación}} \quad (5)$$

En la tabla 5 se realizan los cálculos con base a los datos recopilados en la tabla 4, donde se condensan los resultados de las ecuaciones anteriores.

Tabla 5 Resumen de cálculos.

	Cuenca	Medellín
Tiempo de recorrido por trayecto. (ida y vuelta) Eq.1	31 minutos/vueltas	29 minutos/vueltas
Número de pasos por hora de cada Tranvía por una parada Eq.2	1,96 Tranvía/hora	2,03 Tranvía/hora
Dimensionamiento por intervalo (Hora Pico) Eq.3	5 Tranvías	5 Tranvías
Dimensionamiento por intervalo (Hora Valle) Eq.3	3 Tranvías	4 Tranvías
Dimensionamiento por ocupación Eq.4	589 personas/Hora	610 personas/Hora
Número de tranvías necesarios en hora punta Eq.5	11 Tranvías	3 Tranvías

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se observan las variables de infraestructura como la longitud del trayecto desde el origen hasta el destino final, tipo de trocha, tipo de riel, fuente de energía, ancho por sentido del carril.

Tabla 6 Cuadro comparativo de la Infraestructura de Cuenca y Medellín.

Red del transporte (Estructura)	Cuenca (Ruiz Castillo, y otros, 2015)	Medellín (Metro de Medellín, 2015)
Longitud de línea (ida y vuelta)	21,40 km	8,60 km
Trocha	Estándar	Utilización de diferentes tipos de calzadas. (Concreto, Revestida de asfalto, concreto con acabado de adoquines, Calzada de concreto con acabado de césped)
Tipo de Riel	Riel de garganta	Riel RG - 28
Toma de corriente	Catenaria y pantógrafo / Sistema APS	Catenaria y pantógrafo
Ancho por sentido	10,44 m	2,60 m

Fuente: Propia.

COSTOS OPERATIVOS

Los costos operativos que se comparan en la Tabla 7 se desprenden del monto inicial del material rodante, los cuales son importantes para la parte administrativa de la empresa encargada de la operación del sistema tranviario, bien sea la empresa Metro de Medellín o metro Tenerife de Cuenca. Los datos ha analizar para los costos operativos se derivan de los costos fijos cuyas variables incluyen

recorridos por día, distancia recorrida, días de trabajo al mes y kilometraje al mes integrados de los gastos anuales de mano de obra, legalización anual, depreciación anual y gastos administrativos anuales; y los costos variables se calculan con la energía, neumáticos o ruedas, mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla 7 Cuadro comparativo de los costos operativos de los sistemas tranviarios de Cuenca y Medellín.

Costos Operativos		Cuenca (Ruiz Castillo, y otros, 2015)	Medellín (Metro de Medellín, 2015)
Fijos	Mano de obra	(USD) \$25.537,64	(USD) \$120.681,03
	Depreciación	(USD) \$66.080,00	(USD) \$159.573,67
	Gastos Administrativos	(USD) \$10.946,17	(USD) \$51.727,37
	TOTAL	(USD) \$102.563,81	(USD) \$331.982,07
Variables o Directos	Energía	(USD) \$29.332,82	(USD) \$30.914,39
	Neumáticos y Ruedas	(USD) \$1.540,00	(USD) \$4.830,00
	Mantenimiento preventivo	(USD) \$15.248,25	(USD) \$63.315,57
	Mantenimiento correctivo	(USD) \$28.890,22	(USD) \$73.140,02
	TOTAL	(USD) \$75.011,29	(USD) \$172.199,97
Costos Operativos		(USD) \$177.575,10	(USD) \$504.182,04

Fuente: Propia.

CAPITULO 7. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados de los cuadros comparativos tienen como objetivo sintetizar los puntos claves de la información operativa de los dos tipos de sistema tranviario, para lograr generar el concepto del mejor sistema, estipulado en el capítulo 6: *“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS TRANVIARIOS DE CUENCA Y MEDELLÍN”*, dichos resultados son:

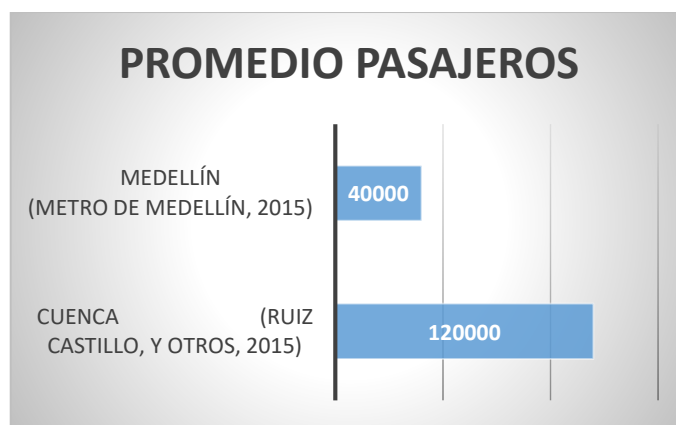
- La primera gran diferencia de los sistemas es que el sistema de Cuenca es el sistema de transporte público masivo principal, ya que a traviesa la ciudad y es el sistema que transporta mayor número de pasajeros. En cambio, en la ciudad de Medellín el Tranvía es uno de los sistemas alimentadores del Metro, el cual es el sistema de transporte público masivo principal.
- Fue descrito en el capítulo 5. *“SISTEMA TRANVIARIO DE LAS CIUDADES DE CUENCA, ECUADOR Y MEDELLIN, COLOMBIA”*; que la ciudad de Cuenca tiene un sistema tranviario estándar y el sistema tranviario de Medellín es Translöhrr, de los cuales, analizando ventajas y desventajas, se concluye que es mejor el sistema Translöhrr hablando de la operación durante el trayecto, ya que tiene la ventaja de ser más compacto y tiene mejor comportamiento frente a las pendientes y curvas cerradas.
- La diferencia en los neumáticos de los dos Tranvías radica en el material y diámetro de la rueda, mientras que la diferencia del material y diámetro se determina por el riel, las pendientes del trayecto y el tipo de curvas, siendo lo anterior características de trazado del trayecto.

- El Tranvía de Cuenca pesa 4,8 Toneladas más que el de Medellín en vacío y 3,35 toneladas cargado.
- El Tranvía de Cuenca tiene 12 puertas de acceso y el de Medellín 10 puertas de acceso, la disposición de las puertas varía de acuerdo con cada modelo; en el ramal de Cuenca, 2 puertas sencillas se encuentran en cada coche de mando, sabiendo que hay dos coches de mando y en el coche siguiente posee en total 4 puertas dobles, dejando así el coche central sin puertas. En cambio, el Tranvía Ayacucho de Medellín dispone 2 puertas dobles por cada coche.
- Una gran diferencia entre los Tranvías son los dispositivos de frenos, ya que el de Cuenca tiene freno de emergencia, en cambio, el de Medellín además del freno de emergencia, cuenta con un sistema llamado hombre muerto, descrito en el capítulo 5, en el apartado del material rodante; además mientras el Tranvía de Cuenca tiene frenos Anti-patinaje y antideslizamiento (al ser el riel y la rueda de acero), el Tranvía Ayacucho de Medellín cuenta con sistema antibloqueo de frenos ABS (evitando las ruedas se bloqueen y patinen al frenar).
- El Tranvía de Cuenca tiene una longitud de trayecto de 21,40 km y el de Medellín 8,60 km, siendo el trayecto de Cuenca 2,49 veces más largo que el de Medellín.
- En cuestión de tiempos los sistemas tranviarios son muy similares a pesar de que el trazado de Cuenca es un 60% más largo que el de Medellín, esto se debe a que la velocidad de operación es mayor un 58% en Cuenca que en Medellín.

- Para la ciudad de Cuenca se elige el dimensionamiento por ocupación, ya que se necesitarían 11 Tranvías para suplir toda la demanda de pasajeros en hora pico. Por el contrario, en la ciudad de Medellín, se selecciona por medio del dimensionamiento por intervalo, indicando que se necesitarían 5 Tranvías.
- Para la toma de corriente los sistemas tranviarios de Cuenca y Medellín cuentan con catenaria y pantógrafo, la única variación es que en el Tranvía de Cuenca tiene además de catenaria y pantógrafo, sistema APS, el cual alimenta al Tranvía por medio de un riel central en el tramo que pasa por el centro histórico de Cuenca.
- El Tranvía de Cuenca cuenta con 2 unidades más de material rodante que el de Medellín, debido a que es el sistema de transporte principal de la ciudad de Cuenca y el Tranvía Ayacucho de Medellín es un servicio alimentador al Metro.
- La velocidad promedio es mayor en el sistema tranviario de Cuenca, 2,4 veces con respecto a Medellín, ambos sistemas tranviarios se demoran del punto de origen al punto destino final entre 30 y 35 minutos, dicha diferencia de velocidad se da por cuestiones de seguridad. Al calcular los tiempos de operación, se obtiene en promedio para que el Tranvía vuelva a pasar por la misma estación se requiere un tiempo de 30 minutos, en los dos sistemas; se lograría si el Tranvía operara de manera constante, es decir, sin paradas en las estaciones ni en las intersecciones. De lo anterior, al agregarle los tiempos de parada al cálculo de los tiempos operacionales estos se duplican, es decir, el tiempo que un tranvía permanece detenido durante su operación es de 30 minutos, aproximadamente.

- El tranvía de Cuenca al tener sesgadas sus líneas, brinda mayor seguridad y mayor velocidad que el Tranvía Ayacucho de Medellín. En otras palabras, la accidentalidad y la operación se pueden minimizar o maximizar, respectivamente.
- El promedio de pasajeros diario del sistema tranviario de Cuenca es 3 veces mayor al de Medellín, ya que el Tranvía de Cuenca movilizara 120.000 personas/día y el de Medellín moviliza 40.000 personas/día. Lo cual indica que la cantidad de pasajeros de una línea alimentadora es mucho menor a la de una línea principal, esto se debe a que el Tranvía Ayacucho de Medellín moviliza la tercera parte de pasajeros con respecto al Tranvía de Cuenca, como se observa en el grafico 1; a pesar que la ciudad de Cuenca tenga la cuarta parte de la población de la ciudad de Medellín.

Gráfico 1. Comparación de los pasajeros promedios en los sistemas tranviarios de Cuenca y Medellín.

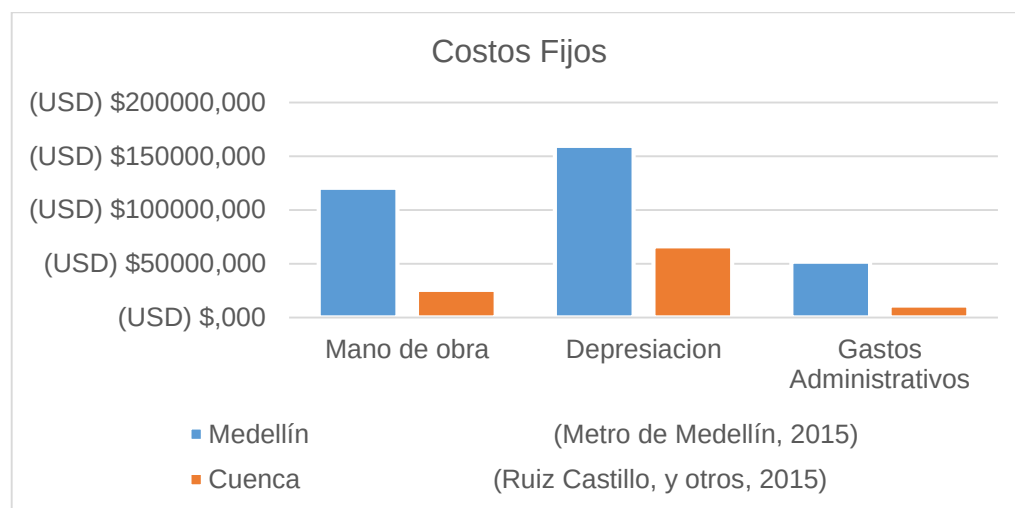


Fuente: Propia.

- Los costos fijos muestran que un sistema tranviario estándar como el de Cuenca, es 3,24 veces más económico que un sistema Translöhrr como el de Medellín. Lo anterior se debe a que la mano de obra, la depreciación y los gastos administrativos del sistema tranviario de Cuenca ya que

mensualmente tiene gastos de **(USD) \$102.563,81**, en cambio la ciudad de Medellín tiene gastos de **(USD) \$331.982,07**. Como se ve en la tabla 5 y grafico 2.

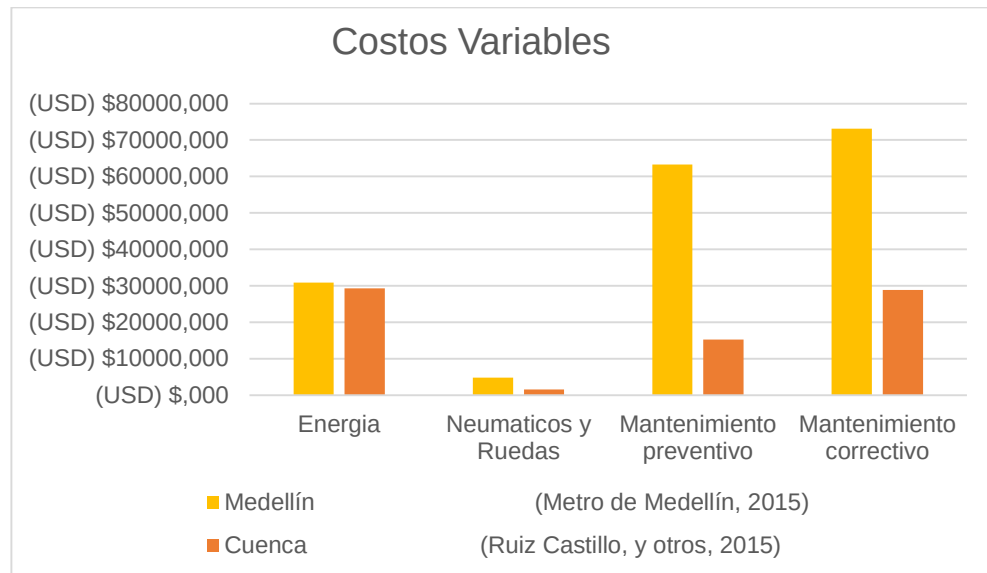
Gráfico 2. Comparación de Costos Fijos operativos entre Cuenca y Medellín.



Fuente: Propia.

- Los costos variables muestran que en la energía, neumáticos o ruedas, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo son los item más costosos en un sistema Translöhrr (Medellín) que un sistema convencional (Cuenca) por 2,30 veces, por lo tanto, los costos operativos del sistema Translöhrr son 2,84 veces más costosos que el sistema convencional, como se observa en el grafico 3.

Gráfico 3. Comparación de Costos Variables operativos entre Cuenca y Medellín.



Fuente: Propia

8. CONCLUSIONES

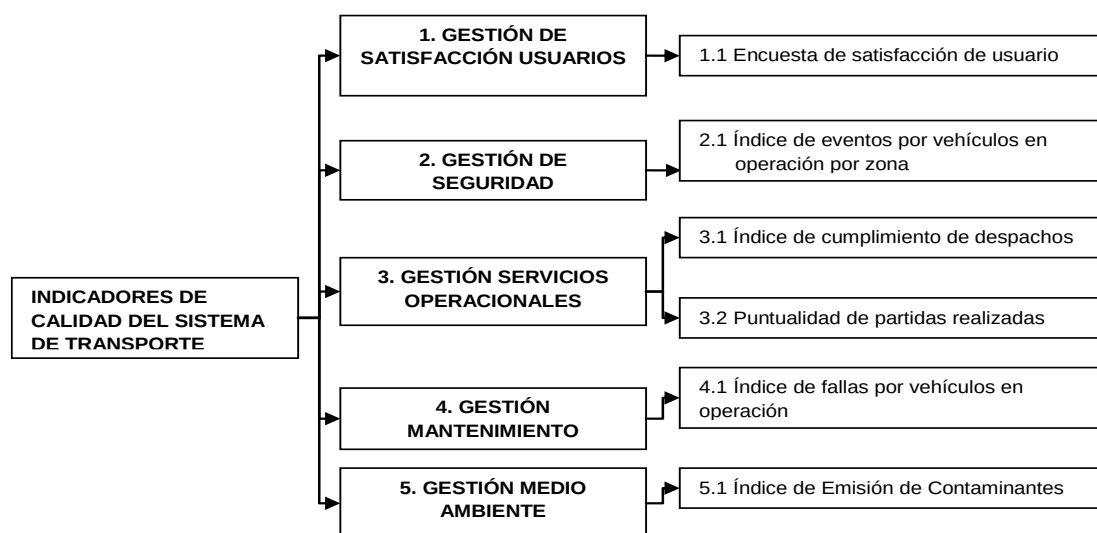
- Los costos operativos y el valor de las tarifas son más altas en el sistema tranviario de Medellín con respecto al de Cuenca, ya que el mantenimiento de la operación es más costoso, debido a las características del material rodante, haciendo énfasis en los neumáticos y el recorrido que efectúa el Tranvía al tener que transitar por calles con pendientes muy altas. Además, en las estaciones del Tranvía de Cuenca, no hay personal de taquillas y controles de acceso, lo que hace que la operación sea menos costosa; por el contrario, en Medellín, las estaciones están equipados con elementos de seguridad como lo son los controles de acceso (Torniquetes y Puertas de acceso al coche) y personal de taquillas, lo que genera un mayor costo.
- En cuestión de operación del material rodante relacionado con la infraestructura, el Tranvía de Ayacucho tiene ventaja sobre el de Cuenca, al ocupar menos espacio en superficie, opera en zonas de altas pendientes y curvas cerradas, por lo cual su operación es óptima en todas las vías bien sean avenidas o calles.
- Es evidente que al segregar un sistema férreo se está garantizando la seguridad en la operación y poder transitar con mayores velocidades. Por lo cual, el Tranvía de Cuenca opera con una velocidad 2,4 veces mayor que la de Medellín, haciendo que el recorrido sea rápido y eficaz.
- Finalmente, al analizar costos, tarifas, velocidad, infraestructura y el material rodante se determinó que el Tranvía Ayacucho de Medellín es operativamente más eficaz ya que la velocidad, infraestructura y material rodante generan un plus, al poderse aplicar como un sistema alimentador o como un sistema principal de una ciudad.

9. RECOMENDACIONES.

Para la optimización de ambos sistemas se recomienda la adaptación y aplicación de las fichas KPI tomadas del trabajo de (Rey, 2011). Las fichas KPI (Key Performance Indicator), *Son relaciones de datos numéricos y cuantitativos aplicados a la gestión logística que permiten evaluar el desempeño y resultado en cada proceso. Incluyen los procesos de recepción, almacenamiento, inventarios, despachos, distribución, entregas, facturación y los flujos de información entre los socios de los negocios. Es indispensable que toda empresa desarrolle habilidades alrededor del manejo de indicadores de gestión logística, con el fin de poder utilizar la información resultante de manera oportuna (Tomar decisiones),* (Garcia, 2008).

Los indicadores de gestión se clasifican así:

Figura 1 Clasificación indicadores de gestión.



Fuente: (Rey, 2011).

Los indicadores de calidad del sistema que se recomiendan utilizar para los Tranvías son: los indicadores de **gestión de seguridad** y **gestión de servicios operacionales**, los cuales corresponden al indicador 2 y 3 de la figura 1. Ya que son los indicadores que analizan la seguridad y servicios operacionales de los sistemas tranviarios (en este caso, ya que las fichas se pueden acoplar a cualquier sistema de transporte masivo), dichas fichas fueron diseñadas por: (Rey, 2011), para el sistema SITP y Transmilenio S.A.S. Todos los indicadores tienen la misma estructura, en la cual se presentan datos fijos y datos variables, los datos fijos son:

- ALCALDIA DE (CIUDAD), este título puede ser cambiado según la ciudad en la cual se utilicen las fichas, bien sea Cuenca (Ecuador) o Medellín (Colombia). (Ver figura 2).
- ESCUDO DE LA CIUDAD & ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO, se utiliza la imagen del escudo de la ciudad (bien sea Cuenca, Ecuador o Medellín, Colombia) en el lado izquierdo de la ficha y el escudo del sistema tranviario como el de la empresa Metro del Tranvía Ayacucho de Medellín O Metro Tenerife de Cuenca (ver figura 2).

Figura 2 Ejemplo de datos fijos en las fichas de los indicadores.



ALCALDIA DE CUENCA
SECRETARÍA DE MOVILIDAD
INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE
TRANSPORTE PÚBLICO



Fuente: Propia.²⁴

²⁴ imagen del escudo de Cuenca, Ecuador tomada de: [https://www.ecured.cu/Cuenca_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cuenca_(Ecuador)), e imagen del escudo del Tranvía de Cuenca Ecuador tomada de: <https://www.vectorlogo.es/logos/logo-vector-tranvia-metro-tenerife/>

Los datos variables, tienen la variación en el contenido de los siguientes datos:

- Código, Nombre del indicador y sigla del indicador.
- Categoría
- Fuente, objetivo y descripción del indicador.
- Línea base del indicador.
- Metodología y fórmula del indicador.
- Descripción de la fórmula de cálculo.
- Unidad, periodicidad, responsable de la medición.
- Fuente de datos, responsable del seguimiento y periodicidad del informe.
- Variables de cálculo del indicador.
- Limitaciones y observaciones del indicador.

Las variables anteriores se describen en cada ficha KPI de los indicadores, como se muestra a continuación:

Indicadores de Gestión de Seguridad

Evalúa el grado de compromiso con la protección de la integridad física de los usuarios del sistema y de la ciudadanía en general.

GS-1.- Índice de ocurrencia de seguridad pública por Kilómetro

Ilustración 35 FICHA KPI GS-1.

ESCUDO DE LA CIUDAD		ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO	
CÓDIGO		NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA	
GS-1		ÍNDICE DE OCURRENCIA DE SEGURIDAD PÚBLICA POR KILÓMETRO		I _{OSP}	
CATEGORÍA:		GESTIÓN DE SEGURIDAD			
FUENTE DEL INDICADOR:		Entidad encargada de la operación del sistema tranviario.			
OBJETIVO DEL INDICADOR		Evaluar la frecuencia de novedades de la seguridad que puedan colocar en riesgo la operación del sistema. Es una medida por eventos en determinado kilometraje recorrido.			
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:		Se refiere a la ocurrencia de interrupciones que sufre el servicio por causas ajenas a la operación del mismo y está asociado a la seguridad pública de los usuarios, operadores y terceros, en lo que respecta a la integridad física de las personas y sus bienes, a la prevención de la comisión de delitos e infracciones a las leyes.			
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:		Se puede iniciar una línea base con (Tranvía).			
METODOLOGÍA		FÓRMULA			
Se establece el número de ocurrencias de acuerdo con los datos suministrados por el operador del subsistema de transporte, el cual debe incluir la cantidad de eventos contra la seguridad pública reportados por estación o vía, en conjunto con la Policía Nacional.		$I_{OSP} = \frac{\text{Número de Ocurrencias de Seguridad Pública}}{\text{Kilometraje Recorrido} / 100.000}$			
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO					
Debe obedecer a los reportes que entreguen los transportadores, Tranvía. Este es un indicador que no está asociado con la accidentalidad sino con las interrupciones que sufre el servicio por causas exógenas. Lo ideal es que los eventos sean cero (0) a lo largo de los kilómetros recorridos.					
UNIDAD DE MEDICIÓN		PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN		RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
N° ocurrencias por cada cien mil Kms		DIARIA			
FUENTE DE DATOS		RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO		PERIODICIDAD DEL INFORME	
Eventos presentados en todos los corredores del sistema				Mensual	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR					
CÓDIGO	NOMBRE		UNIDADES		PERIODICIDAD
	kilómetros recorridos		kilómetros		DIARIA
	Ocurrencias de seguridad pública		Eventos		DIARIA
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Existe una limitación asociada al indicador y es que no puede medir la gravedad de la ocurrencia contra la seguridad pública, ni el impacto total o parcial que esta genera en el conglomerado social.					
OBSERVACIONES: El ideal es que el número de evento tienda a cero.					

Fuente: (Rey, 2011)²⁵.

²⁵Rey V, Fernando. 2011. *Sistema de Indicadores KPI*. Bogotá D.C. : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2011.

GS-2.- Índice de accidentalidad en el sistema, (Anexo 2).

(Rey, 2011)

Indicadores de Gestión de Servicios Operacionales

Evalúa la eficacia y eficiencia de la operación del transporte para responder a las necesidades de los usuarios con base en los parámetros establecidos. Evalúa la regularidad, confiabilidad y frecuencia del servicio.

SO-1.- Índice de ocupación de Material Rodante.

Ilustración 36 Ficha KPI, SO-1.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA
SO-1	Índice de Ocupación de material rodante		IOP
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Empresa encargada de la operación del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Establecer la ocupación de los vehículos del sistema de transporte público colectivo respecto a la capacidad ofertada por los operadores. Es un componente para evaluar los servicios operacionales y permite establecer qué rutas se encuentran con sobreoferta y, eventualmente, si hay remanente de equipo rodante.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Este objetivo parte de la capacidad nominal del vehículo de transporte, entendida como el número total de pasajeros que puede movilizar un vehículo de transporte público en condiciones de comodidad, representado por la cantidad de sillas y por la densidad de ocupación del espacio reservado para el transporte de pasajeros de pie.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Actualizar la información disponible por la SDM y Transmilenio S.A.		

METODOLOGÍA	FÓRMULA		
Definida en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá, año 2005 Tomo IV. La toma de información deberá hacerse en los puntos críticos del sistema, los cuales serán acordados por la empresa de Tranvía.	$I_{op} = \left[\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{Cantida - de - Pasajeros}{Despachos}}{Tasa - de - renovación} \right) - n^o de - asientos (*)}{Área Útil (*)} \right]$		
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Corresponde a Tranvía efectuar los aforos correspondientes, emitir los informes obtenidos y la interpretación de los resultados. La periodicidad del informe debe ser quincenal.			
Pasajeros de pie por m2	Quincenal	Tranvía	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
• Cantidad de pasajeros por periodo horario de máxima demanda por tipo de vehículo: • Sistema de recaudo. • Número de Asientos en el Área Útil de los vehículos por tipo. • Especificación técnica de vehículos. • Despachos por tipo de vehículo. • Sistema de Control de flota • Tasa de Renovación de pasajeros. • Datos de encuestas de opinión.	TRANVÍA	Mensual	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PERIODICIDAD
Total de Pasajeros Transportados	Se refiere a la cantidad de de pasajeros por sentido de las rutas en la franja horaria de máxima demanda del día.	PASAJEROS	MENSUAL
Despachos	Es la frecuencia media por sentido de operación predominante durante la franja horaria correspondiente	DESPACHOS	MENSUAL
Número de Asientos y/o Área Útil de los Vehículos	área para acomodación de pasajeros en pie al interior del vehículo.	Metros cuadrados	MENSUAL
La tasa de Renovación de pasajeros:	deberá ser levantada en campo a través de una encuesta semestral.	PASAJEROS	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Se presentan en la toma de información, para lo cual se requiere realizar previamente un trabajo exigente de entrenamiento de los aforadores.			
OBSERVACIONES: REFERENCIAS COMPARATIVAS: Límite Máximo de pasajeros de pie por m2.			

Fuente: (Rey, 2011).

A continuación, se nombran las otras fichas correspondientes a los servicios operacionales:

- SO-2.- Tiempo de viaje en Tranvías, (Anexo 3).
 - SO-3.- Accesibilidad de la población de estrato 1 y 2, (Anexo 4).
 - SO-4.- Índice de pasajeros kilómetro, (Anexo 5).
 - SO-5.- Pasajeros hora pico Sistema Tranviario, (Anexo 6).
 - SO-6.- Pasajeros movilizados al año Tranvía, (Anexo 7).
 - SO-7.- Pasajeros promedio movilizados en día hábil Tranvía, (Anexo 8).
 - SO-8.- Tarifa técnica del Tranvía, (Anexo 9).
 - SO-9.- Costo de operación pasajero movilizado, (Anexo 10).
 - SO-10.- Índice de Kilómetros recorridos en el Tranvía, (Anexo 11).
 - SO-11.- Número de Kilómetros recorridos al año por el Tranvía, (Anexo 12).
 - SO-12.- Índice de costos por pasajero kilómetro, (Anexo 13).
 - SO-13.- Media de kilómetros entre interferencias operacionales, (Anexo 14).
 - SO-14.- Media de kilómetros entre fallas por vehículo en operación, (Anexo 15).
 - SO-15.- Indicador de cumplimiento de despachos, (Anexo 16).
 - SO-16.- Velocidad promedio día hábil para el Tranvía, (Anexo 17).
 - SO-17.- Usuarios de la red de Terminales que usan el Tranvía, (Anexo 18).
- (Rey, 2011).

Bibliografía

- RUIZ CASTILLO, V. M., & VILLACRESES NOVILLO, H. F. (2015). ANÁLISIS DE LOS COSTOS OPERATIVOS ENTRE EL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO Y EL TRANVÍA DE LA CIUDAD DE CUENCA EN EL 2014. Cuenca , Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .
- ARQA. (15 de 02 de 2013). *arqa*. Recuperado el 13 de 04 de 2018, de arqa: <http://arqa.com/editorial/medellin-r/la-ciudad-y-su-historia-el-pasado>
- Bembibre, C. (18 de Diciembre de 2009). *DefiniciónABC*. Recuperado el 8 de Marzo de 2018, de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/tranvia.php>
- BEVERIDGE, W. I. (s.f.). The art of scientific investigation.
- cuenca, e. (14 de enero de 2018). *Eltiempo.com*. Recuperado el 20 de mayo de 2018, de Eltiempo.com: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/427942/en-2018-habra-614-539-habitantes-en-cuenca>
- Cuenca, T. (s.f.). *cuenca.com.ec*. Recuperado el 21 de mayo de 2018, de cuenca.com.ec: <http://cuenca.com.ec/es/conoce-cuenca>
- Dolar.web*. (2014). Recuperado el 14 de junio de 2018, de Dolar.web: <https://dolar.wilkinsonpc.com.co/dolar-historico/dolar-historico-2014.html>
- EcuadorExplorer.com, E. (s.f.). *EcuadorExplorer.com*. Recuperado el 17 de mayo de 2018, de EcuadorExplorer.com: <http://www.ecuadorexplorer.com/es/html/la-ciudad-de-cuenca.html>
- EcuRed, e. (s.f.). *ecured.cu*. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de ecured.cu: [https://www.ecured.cu/Cuenca_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cuenca_(Ecuador))
- ELCOLOMBIANO.COM, R. (29 de Noviembre de 2010). *www.elcolombiano.com*.
Obtenido de http://www.elcolombiano.com/historico/transporte_da_cuenta_de_la_historia_en_medellin-JDEC_113684
- Empresa de transporte masivo del valle de aburra. (28 de Diciemnbre de 2017). T.
Obtenido de <https://civica.metrodemedellin.gov.co/-qu%C3%A9-es-c%C3%ADvica>
- EMTELCO. (2015). *medellín.gov.co*. Recuperado el 21 de mayo de 2018, de medellín.gov.co: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/IndicadoresyEstadsticas/Shared%20Content/Documentos/ProyeccionPoblacion2016-2020/Perfil%20Demogr%C3%A1fico%202016%20-%202020%20Total%20Medellin.pdf

Escuela de Formación Técnica para Ingenieros y Arquitectos. (2015). *PROYECTOS FERROVIARIOS. Metros y tranvías*. Madrid: EADIC.

forosecuador.ec. (12 de octubre de 2017). Recuperado el 21 de mayo de 2018, de forosecuador.ec: <http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/educaci%C3%B3n-y-ciencia/124214-poblaci%C3%B3n-de-cuenca-ecuador-2018-n%C3%BAmero-actual-de-habitantes-de-cuenca>

Garcia, L. A. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística KPI*. Bogotá D.C.: Ediciones ECOE.

INEC. (2001). *ecuadorencifras.gob.ec*. Recuperado el 21 de mayo de 2018, de ecuadorencifras.gob.ec: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonales/Azuay/Fasciculo_Cuenca.pdf

Lopez, A. (4 de Junio de 2012). *www.20minutos.es*. Obtenido de <https://blogs.20minutos.es/yaestaellistoquetodolosabe/cual-es-el-origen-de-los-tranvias/>

Medellín, M. d. (2006). *medellin.gov.co*. Recuperado el 18 de mayo de 2018, de medellin.gov.co: <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Plan%20de%20Desarrollo/Secciones/Informaci%C3%B3n%20General/Documentos/POT/medellinPoblacion.pdf>

Medellín, V. y. (s.f.). *guiaturisticademedellín.com*. Recuperado el 19 de mayo de 2018, de guiaturisticademedellín.com: <http://guiaturisticademedellin.com/index.php/es/historia>

Melendez, E. (s.f.). *lifeder.com*. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de lifeder.com: <https://www.lifeder.com/relieve-de-cuenca/>

Merme. (1 de Junio de 2017). *Escuela de Organización industrial*. Obtenido de <http://www.eoi.es/blogs/merme/tranvia-de-cuenca-ecuador/>

Mora, E. A. (2008). *repositorionew.uasb.edu.ec*. Recuperado el 2 de Abril de 2018, de <http://repositorionew.uasb.edu.ec/bitstream/10644/836/1/AYALAE-CON0001-RESUMEN.pdf>

Morrison, A. (14 de febrero de 2007). *trams.com*. (Los Tranvías de Bogotá Colombia) Recuperado el 15 de mayo de 2018, de trams.com: <http://www.tramz.com/co/bg/t/ts.html>

NETWORK, L. (septiembre de 2016). *LA NETWORK*. (EL TRANVÍA REGRESA A LATINOAMÉRICA) Recuperado el 3 de mayo de 2018, de LA NETWORK: <http://la.network/especiales/tranvia-regresa-Latinoamérica/>

off2colombia.com. (s.f.). Recuperado el 18 de mayo de 2018, de off2colombia.com:
<http://off2colombia.com.co/medellin-geografia-historia>

Ospina, D. J. (2016). Estudio de factibilidad de un servicio de transporte público complementario al tranvía de Ayacucho por medio de servicios alimentadores . *Estudio de factibilidad de un servicio de transporte público complementario al tranvía de Ayacucho por medio de servicios alimentadores* . Medellín.

Rangel, O., & Lopez, R. (2010). ALTERNATIVA PARA ESTRUCTURACIÓN DE SÓTANOS MÚLTIPLES DE.

Readación Ecuador Regional. (08 de Marzo de 2018). *El telégrafo*. Obtenido de El telégrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/alcaldia-de-cuenca-preve-que-el-tranvia-opere-en-marzo-de-2019>

Rey, F. (2011). *Sistema de Indicadores KPI*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

UNESCO/ERI. (1999). *unesco.org*. Recuperado el 30 de Marzo de 2018, de unesco.org: <https://whc.unesco.org/en/list/863>

vida, E. a. (3 de Junio de 2017). *www.trenecuador.com*. Obtenido de <http://trenecuador.com/ferrocarrilesdeecuador/historia/#prettyPhoto>

VIZUETE, F. A. (2013). REPOSITORIO PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. QUITO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. Recuperado el 16 de mayo de 2018, de REPOSITORIO PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Wikiwand. (2018). *Wikiwand*. Obtenido de http://www.wikiwand.com/en/List_of_cities_in_Ecuador

Zamorano , C., Bigas, J. M., & Sastre, J. (2006). *Manual de tranvías, metros ligeros y sistemas en plataforma reservada*. Madrid: Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

ANEXOS

Anexo 1 Ficha KPI, GS-2.

ESCUDO DE LA CIUDAD		ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO	
CÓDIGO		NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA	
GS-2		ÍNDICE DE ACCIDENTALIDAD DEL SISTEMA.		I _{ACC}	
CATEGORÍA:		GESTIÓN DE SEGURIDAD			
FUENTE DEL INDICADOR:		SISTEMA TRANVIARIO.			
OBJETIVO DEL INDICADOR		Medir y calificar la accidentalidad que ocurre en la operación de las diferentes rutas del Sistema.			
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:		Es un valor directamente proporcional a los Kilómetros recorridos por los vehículos en todas las rutas del sistema.			
LÍNEA BASE DEL INDICADOR: Estadísticas, a través de la Dirección de Seguridad Vial.					
METODOLOGÍA			FÓRMULA		
Diariamente se reportarán por parte de los encargados de la medición los accidentes ocurridos dentro del sistema y ocasionados por situaciones inherentes a la operación, los cuales deberán ser agregados por mensualidad y relacionados por miles de kilómetros recorridos en la totalidad del sistema.			$I_{ACC} = \left(\frac{AD + \alpha * AH + \beta * AM}{(KR / 1.000)} \right)$		
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO					
Se utilizan los kilómetros recorridos por la ruta como un valor ponderador, debido a que un mayor número de kilómetros genera una mayor probabilidad de accidentalidad.					
UNIDAD DE MEDICIÓN		PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN		RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS		RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO		PERIODICIDAD DEL INFORME	
Tranvía.				MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR					
CÓDIGO	NOMBRE			UNIDADES	PERIODICIDAD
AD	Accidentes que involucren solamente daños materiales a las partes afectadas.			Accidentes con daños	DIARIA
AH	Accidente que involucren personas heridas, ya sean o no usuarios del sistema.			Accidentes con heridos	DIARIA
α	Parámetro de importancia de los accidentes con heridos. Se recomienda adoptar un valor de 15.				
AM	Accidente que involucren personas muertas, ya sean o no usuarios del sistema.			Accidentes con muertos	DIARIA
β	Parámetro de importancia de los accidentes con muertos. Se recomienda adoptar un valor de 30.				
KR	Kilómetros Recorridos en las rutas			Kilómetros	DIARIA
LIMITACIONES DEL INDICADOR:					
OBSERVACIONES: los accidentes tienen una mayor representatividad dentro del grupo de indicadores en la medida que ponen en peligro vidas humanas. Los valores recomendados los aplica el sistema tranviario.					

Anexo 2 Ficha KPI, SO-2.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-2	TIEMPO DE VIAJE EN TRANVÍAS.	Ttv	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Ministerio de Transporte Resolución No. 004147 de 2009.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Determinar los tiempos de recorrido y los diferentes tipos de velocidad a los que transitan los vehículos de transporte público a lo largo de un tramo o del total de la ruta.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Permite evaluar el transporte masivo en las ciudades a través de un valor que es comparable con el transporte público colectivo y el transporte privado en una sección en donde los tres presten un servicio paralelo en la ciudad.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	71,6 MINUTOS		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Se deben utilizar los métodos y formatos descritos en el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2005. Tomo III "Tránsito" Capítulo 5: Estudios de campo para la oferta de Transporte público, u otros métodos o formatos que sean compatibles".		$T_{tv} = Tl_{cam} + Tl_{esp} + MINUTOS_1 + TINT_{a\ pie\ 1} + TINT_{espera1} + \dots + MINUTOS_4 + TF_{a\ pie\ 4}$	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
El tiempo total de viaje es la duración total del viaje entre estaciones, incluyendo las demoras operacionales ocasionadas por reducciones de velocidad, por las paradas debidas al tránsito y la vía y las demoras fijas debido a los dispositivos de control del tránsito. Las velocidades de recorrido o de marcha se obtienen dividiendo la longitud de la ruta entre el tiempo de recorrido o de marcha respectivamente.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
TRANVÍA	EMPRESA ENCARGADA DE OPERACIÓN.	SEMESTRAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Tl cam	Tiempo inicial de caminata	Minutos	Semestral
Tl esp	Tiempo inicial de espera	Minutos	Semestral
MINUTOS ₁	Tiempo de viaje en algún modo de transporte	Minutos	Semestral
TINT a pie ₁	Tiempo intermedio a pie	Minutos	Semestral
TINT espera ₁	Tiempo intermedio de espera	Minutos	Semestral
TF A PIE	Tiempo final de caminata	Minutos	Semestral
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 3 Ficha KPI, SO-3.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA
SO-3	ACCESIBILIDAD DE LA POBLACIÓN DE ESTRATOS 1 Y 2.		ACC
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Ministerio de Transporte Resolución 004177 de 2009		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Verificación de las personas de los estratos 1 y 2 que usan el transporte público dentro del volumen total de usuarios.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Busca mejorar la movilización de usuarios de los estratos 1 y 2 en el Sistema Integrado de Transporte Público, atendiendo los criterios del Banco Mundial que señala que un sistema de transporte público debe ser incluyente.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Tranvía. Dispone de la información para la línea base.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Mediante encuestas domiciliarias se determina el número de personas de estratos 1 y 2 que usan el sistema integrado de transporte público como su modo principal de movilización.		$A_{cc} = \frac{\sum Población_{estratos1y2}}{Población - area - influencia}$	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Para el cálculo, se divide el número de habitantes de los estratos 1 y 2 por el total de usuarios de transporte público en la zona de influencia. Mediante encuestas se complementa este procedimiento y se determina el número de viajes por familia en todos los modos teniendo como referencia las estaciones del sistema tranviario.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
Es una proporción dela cantidad de personas.	ANUAL	• Tranvía.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
• Tranvía • Secretaría Distrital de Desarrollo Económico	Tranvía	ANUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
(Codificado por cada entidad y ciudad)	Población estratos 1 y 2	usuarios	Anual
	Población residente en el área de influencia	usuarios	Anual
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Las correspondientes a la encuesta domiciliaria.			
OBSERVACIONES:			

Anexo 4 Ficha KPI, Indicador SO-4.

ESCUDO DE LA CIUDAD		ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO			
CÓDIGO		NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA			
SO-4		ÍNDICE DE PASAJEROS KILÓMETRO		IPK			
CATEGORÍA:		GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES					
FUENTE DEL INDICADOR:		Ministerio de Transporte Resolución 004177 de 2009.					
OBJETIVO DEL INDICADOR		Mejorar la efectividad del sistema de transporte masivo.					
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:		Es una medida que permite conocer la productividad del sistema frente a la demanda del mismo. Refleja el desempeño de la flota en servicio, de una empresa o de un Sistema, al relacionar el número de pasajeros transportados con el número de kilómetros recorridos. Permite llevar el control de la operación de acuerdo con los objetivos de productividad del sistema. Este indicador se puede estimar por ruta, zona, empresa, tipo de servicio o promedio del sistema.					
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:		Es el indicador de seguimiento cuenta con Línea Base Tranvía.					
METODOLOGÍA		FÓRMULA					
Aforar el número de pasajeros que pagaron en un día hábil, según los registros de acceso y dividirlo por los kilómetros recorridos en los diferentes servicios del sistema por día en operación. El valor mínimo está relacionado con los costos por Km del sistema y no puede ser inferior al mismo.		$IPK = \frac{Pasajeros_Movilizados}{Kilómetros_Recorridos}$					
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO							
Relación simple entre el número de pasajeros diarios movilizados y los kilómetros diarios recorridos. De la misma manera se podría calcular para cada uno de los operadores si se desea tener indicadores de comparación, relacionando los valores correspondientes a cada uno.							
UNIDAD DE MEDICIÓN		PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN		RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN			
FUENTE DE DATOS		RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO		PERIODICIDAD DEL INFORME			
Tranvía.		Empresa encargada de la operación.		MENSUAL			
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR							
CÓDIGO		NOMBRE		UNIDADES		PERIODICIDAD	
Pasajeros Movilizados		la totalidad de pasajeros movilizados por una ruta o un conjunto de rutas en un periodo determinado.		PASAJEROS		DIARIO	
Kilómetros Recorridos		la totalidad de kilómetros recorridos en operación por la ruta o el conjunto de rutas en un periodo determinado.		KILÓMETROS		DIARIO	
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Se debe poner atención en el reporte de éste indicador por cuanto puede estar asociado a procesos contractuales de los sistemas.							
OBSERVACIONES: Se debe calcular y reportar el IPK promedio para cada mes, y el IPK de cada uno de los meses debe ser reportado como máximo al final del trimestre correspondiente a ese mes.							

Anexo 5 Ficha KPI, SO-5.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-5	PASAJEROS HORA PICO SISTEMA TRANVIARIO	PHP	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Manual de planeación y diseño para la Administración de Tránsito y Transporte 2005.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Medir el volumen de pasajeros que se transportan en hora pico en el servicio de transporte público masivo y colectivo, para planeación del alcance del sistema y mejoramiento continuo del servicio.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	En los cálculos se estima el volumen de pasajeros transportados en el período de hora pico o factor horario de máxima demanda. A partir de las estadísticas que hayan resultado de los distintos aforos para la misma ruta, se pueden efectuar distintas proyecciones y establecer la línea base para el indicador correspondiente.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Estadísticas. Deben segregarse los datos correspondientes al transporte masivo actual y al transporte público colectivo.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Se realizarán aforos de frecuencia de paso, ocupación visual durante la hora pico en un día hábil, o cuantificando el número de personas que suben y bajan a lo largo de la ruta. Si el sistema de transporte tiene medios automáticos de conteo de ingreso de pasajeros, éstos se pueden utilizar para obtener los aforos directamente.		$PHP = \frac{\text{Pasajeros}}{\text{Hora}}$	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Es el mayor volumen de pasajeros transportados en una hora pico.			
Pasajeros /Hora	MENSUAL	Tranvía	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Tranvía.	Empresa encargada de la operación.	MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Pasajeros	Aforo del número de pasajeros en hora pico	PASAJEROS	MENSUAL
HORA	HORAS PICO ESCOGIDA	HORA	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Los correspondientes a los estudios de recolección de la información.			
OBSERVACIONES:			

Anexo 6 Ficha KPI, SO-6.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-6	PASAJEROS MOVILIZADOS AL AÑO TRANVÍA	PMA	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Manual de planeación y diseño para la Administración de Tránsito y Transporte 2005.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Medir la cantidad de pasajeros transportados al año por el material rodante Tranvía y evaluar el cubrimiento continuo del sistema.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Este índice mide la cantidad de pasajeros transportados al año por el sistema masivo y colectivo. Las variables como el aumento de la demanda, la cobertura del sistema y el número de material rodante son básicas para analizar las variaciones del número de pasajeros movilizados en una unidad de tiempo.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Estadísticas del sistema tranviario.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Se determina la cantidad de pasajeros transportados que ingresaron al sistema durante un año en los segmentos viales, contabilizados a partir de los registros de los torniquetes de acceso en las estaciones del sistema, acumulados durante 365 días de operación, se deberán seguir las recomendaciones que prevee el Manual de planeación y diseño, 2005.		AFOROS	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Para calcularlo se determina la cantidad de pasajeros transportados que ingresaron al sistema durante un año en los segmentos viales, contabilizados a partir de los registros de los torniquetes de acceso en las estaciones del sistema, acumulados durante 365 días de operación.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Tranvía.	Entidad encargada de la operación del sistema.	ANUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
	MILLONES DE PASAJEROS	PASAJEROS	AÑO
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 7 Ficha KPI, SO-7.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-7	PASAJEROS PROMEDIO MOVILIZADOS EN DÍA HÁBIL TRANVÍA.	PPDH	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Aforos de las estaciones y estadísticas de torniquetes.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Evaluar el volumen de pasajeros promedio movilizados en un día hábil en el Sistema de Transporte Público.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Este índice permite evaluar continuamente el cubrimiento y la eficiencia del sistema, igualmente las variables como el aumento de la demanda, la disponibilidad de material rodante, las cuales son básicas para analizar las variaciones del número de pasajeros movilizados por día.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Se determina la cantidad de pasajeros transportados pagos promedio diario, tanto en transporte público masivo como colectivo, como el cociente entre la cantidad de pasajeros transportados pagos durante los días del año por la flota del Tranvía, entre el total de días del año en los segmentos viales, a partir de los registros de las barreras de control de acceso en estaciones.		$PPDH = \frac{\text{Pasajeros Prom. Movilizados día hábil}}{\Sigma \text{Pasajeros transportados por año por la flota}}$	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Se encuentra primero el promedio de pasajeros por día hábil, mediante mediciones repetidas en diferentes días hábiles de diferentes periodos. Este promedio de relacionado con el total de pasajeros transportados en el año.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Tranvía.	Entidad encargada de la operación del sistema.	MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
CODIFICADO POR LA	PASAJEROS PROMEDIO MOVILIZADOS EN DÍA HÁBIL TRANVÍA	No. Pasajeros	MENSUAL
ENTIDAD	PASAJEROS TRANSPORTADOS DURANTE EL AÑO POR TRANVÍA	No. Pasajeros	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 8 Ficha KPI, SO-8.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-8	TARIFA TÉCNICA DEL TRANVÍA	T	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Estadísticas de las tarifas.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Mejorar el costo y la efectividad del Tranvía, además permite determinar la base para el cálculo de la tarifa comercial		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Se define la tarifa técnica para el Tranvía como el costo medio de operación y control por pasajero pago del Sistema, entendiendo como costo la suma de lo remunerado a los agentes del Tranvía por el servicio prestado.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Se debe tener en cuenta cada uno de los modos de transporte que conforman el Tranvía, por cuanto hay tarifas técnicas establecidos para cada uno de estos y se pueden ajustar según las fórmulas establecidas en los distintos contratos. En este caso la tarifa técnica respectiva facilitará la integración de una tarifa completa.		$T = \frac{CF_i + CV_i + CC_i}{CE_i \times OC_{pi} \times IR_i \times R_i \times D_i}$	
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
MONEDA DEL PAÍS	ANUAL	ENTIDAD ENCARGADA DE LA OPERACIÓN.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
CF _i	Costos Fijos mensuales	MONEDA DEL PAÍS	ANUAL
CV _i	Costos Variables mensuales	MONEDA DEL PAÍS	ANUAL
CC _i	Costos de capital mensual	MONEDA DEL PAÍS	ANUAL
CE _i	Capacidad efectiva del vehículo	PASAJEROS	ANUAL
OC _{pi}	Porcentaje de ocupación óptimo	PORCENTAJE	ANUAL
IR _i	Índice de Rotación de Demanda		ANUAL
R _i	Recorridos diarios	RECORRIDOS	ANUAL
D _i	Días al mes	DÍAS	ANUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR: El valor de la tarifa técnica debe estar sujeto a las condiciones de los contratos de operación de los sistemas.			
OBSERVACIONES:			

Anexo 9 Ficha KPI, SO-9.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-9	COSTO DE OPERACIÓN PASAJERO MOVILIZADO	COPj	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Información analizada y tomada de los aforos.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Control de la eficiencia productiva en la asignación y la fijación de los parámetros operacionales.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Este indicador relaciona los costos del sistema y los pasajeros movilizados, permitiendo el control de la eficiencia productiva en la asignación y la fijación de los parámetros operacionales.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
		$COP_j = \frac{\text{Costos_Totales_Operación}}{\text{Pasajeros_Movilizados}}$	
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
Costo total de la operación por pasajero movilizado	MENSUAL	Entidad encargada de la operación del sistema.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Costos Totales Operación	costos totales de derivados de la operación de una ruta o un conjunto de rutas en un periodo determinado.	PESOS	MENSUAL
Pasajeros Movilizados	totalidad de pasajeros pagos y/o movilizados por la ruta o el conjunto de rutas en un periodo determinado.	PASAJEROS	MENSUAL
j:	Periodo Evaluado.	MES	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 10 Ficha KPI, SO-10.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-10	ÍNDICE DE KILÓMETROS RECORRIDOS EN EL TRANVÍA	Krij	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Estaciones del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Conocer la eficacia del sistema relacionando los kilómetros efectivamente recorridos por la flota durante la operación del sistema con los kilómetros programados por la autoridad de transporte.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Indicador de control que permite determinar el cumplimiento de los operadores relacionado con los compromisos establecidos en condiciones contractuales para períodos específicos de estudio. El indicador es aplicable para cada uno de los operadores.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Los entes responsables de la medición determinarán mediante la agregación mensual de los kilómetros recorridos diarios, el número total de kilómetros recorridos durante el periodo.		$KR_{ij} = \frac{\text{Kilómetros Recorridos}_{ij}}{\text{Kilómetros Programados}_{ij}}$	
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
ÍNDICE CUMPLIMIENTO EN KILÓMETROS	DIARIA	ENTIDAD ENCARGADA DE SUPERVISAR LA OPERATIVIDAD DEL SISTEMA.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Kilómetros Recorridos	Suma Total de Kilómetros efectivamente recorridos por la ruta i en el periodo j.	Kilómetros	MENSUAL
Kilómetros Programados	Suma Total de Kilómetros programados por la autoridad de transporte para la ruta i en el periodo j.	Kilómetros	MENSUAL
i	Ruta Evaluada.	RUTA	MENSUAL
j	Periodo Evaluado.	MES	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 11 Ficha KPI, SO-11.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDÍA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-11	NÚMERO DE KILÓMETROS RECORRIDOS AL AÑO POR EL TRANVÍA	NKRA	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Aforos y análisis estadístico del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Evaluación y análisis de la cobertura, evolución y tendencias del sistema.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Es el número de kilómetros recorridos por el material rodante, operados en una ruta o línea o red dadas, durante un período un año, lo cual permite conocer la productividad del sistema, ejecutar control de la operación de acuerdo con los objetivos de operación. Se puede estimar por ruta, zona, empresa, tipo de servicio y acumulado del sistema.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Obtenido mediante la agregación de los kilómetros diarios recorridos en todos los operadores y rutas del sistema.		VALOR ACUMULADO	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Se puede estimar por ruta, zona, empresa, tipo de servicio y acumulado del sistema.			
KILÓMETROS/año	DIARIA		
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Estaciones del sistema.	Entidad encargada de la operación del sistema.	ANUAL	
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 12 Ficha KPI, SO-12.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-12	ÍNDICE DE COSTOS POR PASAJERO KILOMETRO	COPK	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Aforos de las estaciones.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Evaluar la eficiencia del sistema por unidad transportada.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Relaciona los pasajeros movilizados por km, y los costos del Sistema. Da una idea de la relación entre el costo-eficiencia del sistema.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
Los costos totales de operación se refieren a costos totales derivados de la operación de una ruta o un conjunto de rutas en un periodo determinado y los pasajeros movilizados, corresponden a la totalidad de pasajeros pagos movilizados por la ruta o el conjunto de rutas en un periodo determinado.		$COPK_j = \frac{\text{Costos_Totales_Operación}}{\frac{\text{Pasajeros_Movilizados}}{\text{Kilómetros_Recorridos}}}$	
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
Costo/pasajero/Klm	MENSUAL	Entidad encargada de la operación del sistema tranviario.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Costos Totales Operación	Se refiere a costos totales de derivados de la operación de una ruta o un conjunto de rutas en un periodo determinado	MONEDA DEL PAÍS	MENSUAL
Pasajeros Movilizados	Corresponde a la totalidad de pasajeros pagos movilizados por la ruta o el conjunto de rutas en un periodo determinado.	PASAJEROS	MENSUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 13 Ficha KPI, SO-13.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA
SO-13	MEDIA DE KILÓMETROS ENTRE INTERFERENCIAS OPERACIONALES.		MKBIO
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Aforos de las estaciones del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Identificar y medir la influencia de las interferencias operacionales que afectan el cumplimiento de los despachos y viajes programados.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Este indicador mide el número de kilómetros recorridos a lo largo de una ruta, afectado por interferencias que pueden presentarse en desarrollo de la operación, por ejemplo, incumplimiento del despacho (salidas) que hace parte del NDS, programación de los servicios y eventualidades a lo largo de la ruta.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
La ocurrencia de fallas deberá ser consignada por los operadores indicando: fecha, vehículo, ruta, hora y tipo de falla. El cálculo de los kilómetros recorridos y de cualquier interferencia que no sea de tipo mecánico, deberá ser suministrado por el Centro de Control.		MKBIO = $\frac{\text{Km_total_recorrido_}(rutas)}{\sum \frac{\text{Accidentes + Ocurrencia_de_problemas}}{\text{_de_seguridad_publica_+}}}$ [RA + Fallas _ mecanicas + Intereferencias – en – la – vía]	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
kms / interferencia	DIARIA	Entidad encargada del sistema tranviario.	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Sistema Tranviario.	Entidad encargada del sistema tranviario.	MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Kilómetros Recorrido	Total kilómetros recorridos por día en el sistema	KILÓMETROS	DÍARIA
Accidentes	Eventos o acción violenta y repentina ocasionada por un agentes externos, involuntariamente	# ACCIDENTES	DÍARIA
Fallas mecánica	Suceso que ocasiona que el equipo no funcione para el objetivo y la forma para la que ha sido diseñado.	# FALLAS	DÍARIA
Interferencia en la vía	Sucesos o elementos que interfieren el tránsito	# INTERFERENCIA	DÍARIA
Interferencia	Cualquier evento que afecte el funcinamiento del sistema	# INTERFERENCIA	DÍARIA
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 14 Ficha KPI, SO-14.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-14	ÍNDICE DE FALLAS POR VEHÍCULOS EN OPERACIÓN	MKBF	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Patio taller del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Establecer la eficacia del mantenimiento del material rodante, la ejecución de las reparaciones preventivas y correctivas a la flota y disponer de vehículos seguros y confiables para la operación del servicio.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Indicador básico para establecer las deficiencias en el mantenimiento de la flota por parte de los operadores y el impacto en la prestación del servicio; el seguimiento debe ser muy estricto.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
METODOLOGÍA		FÓRMULA	
La ocurrencia de fallas deberá ser consignada por los operadores indicando: fecha, vehículo, ruta, hora y tipo de falla.		$MKBF = \left[\frac{Km_total_recorrido)}{Total_Fallas_en_los_vehículos} \right]$	
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO			
Las fallas son de tipo mecánico. Permite determinar la media de los kilómetros recorridos por el material rodante entre fallas constatadas.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Patio taller del sistema.	Entidad encargada del sistema	MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
KTM	Total de kilómetros recorridos por operador	KILÓMETROS	DIARIA
TFV	Total de fallas presentadas por los vehículos	# FALLAS MECÁNICAS	DIARIA
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES: Para evitar confusiones se eliminó el término de tiempo muerto, el cual se entiende subsumido cuando un vehículo no está en movimiento.			

Anexo 15 Ficha KPI, SO-15.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR	SIGLA	
SO-15	ÍNDICADOR DE CUMPLIMIENTO DE DESPACHOS	IP	
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Estaciones del Tranvía.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Medir y calificar la puntualidad de los despachos programados para las franjas horarias en que se evalúa.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Medida de eficacia de los operadores en el área de despacho; de una parte permite medir la adecuada gestión de los servicios operacionales y simultáneamente el oportuno servicio al usuario.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:	Se obtendrá del aforo del año anterior.		
FÓRMULA			
$IP = \frac{N^{\circ} \text{ de viajes realizados}}{N^{\circ} \text{ de viajes programados}} \times 100$			
METODOLOGÍA			
Estas mediciones se pueden lograr con trabajo de campo en los puntos de despacho de las rutas o a través del sistema de control de flota.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
Estaciones del sistema tranviario.	Entidad encargada de la operación del sistema tranviario.	SEMANAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Nº de viajes realizados	suma de los viajes que son despachados.	# SERVICIO	DÍA
Nº de viajes programados	suma total de los viajes programados	# SERVICIO	DÍA
LIMITACIONES DEL INDICADOR:			
OBSERVACIONES:			

Anexo 16 Ficha KPI, SO-16.

ESCUDO DE LA CIUDAD		ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO	
CÓDIGO		NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA	
SO-16		VELOCIDAD PROMEDIO DÍA HÁBIL PARA EL TRANVÍA.		V(pdh)	
CATEGORÍA:		GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES			
FUENTE DEL INDICADOR:		Análisis del trazado.			
OBJETIVO DEL INDICADOR		Determinar la velocidad promedio del transporte de servicio público colectivo en los corredores viales que harán parte del Tranvía.			
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:		Para atender a la política señalada en el Plan de movilidad respecto del desarrollo de una movilidad inteligente mediante la aplicación de un sistema de información y una plataforma tecnológica necesarios para la gestión entre los actores y los componentes de la movilidad, se hace necesario conocer la velocidad promedio del transporte de servicio público colectivo para la ciudad de Cuenca.			
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:		Se obtendrá del aforo del año anterior.			
METODOLOGÍA		FÓRMULA			
Para el cálculo de la velocidad promedio de un día hábil se utiliza el método del vehículo flotante, consiste en recorrer varias veces el tramo de vía en estudio; durante el recorrido se mide el tiempo que tarda el vehículo entre dos puntos que conforman un tramo, del cual se conoce previamente su longitud y a partir de una hora base como control cronométrico se efectúa una lectura por evento. El tiempo y la distancia recorrida, permiten determinar la velocidad media de recorrido en el tramo.		$V(pdh)_i = \frac{L_{\text{corredor} - \text{en} - \text{estudio}}}{Ti_{\text{promedio}}}$ $Ti_{\text{promedio}} = Ti - \frac{60 (O - P)_i}{V_i}$			
DESCRIPCIÓN DE LA FÓRMULA DE CÁLCULO					
Se calcula la velocidad media por el método de vehículo flotante basado en la diferencia entre el record de cronómetro final menos la lectura inicial, para cada uno de los tramos de cada corredor o vía seleccionada y se obtiene un promedio de tiempo de recorrido para dicho corredor que será dividido por la longitud de cada tramo. Esta velocidad media se halla o calcula a partir de las bases de datos generadas de la toma de información de tiempos de recorrido para todos los corredores viales por el citado método.					
UNIDAD DE MEDICIÓN		PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN		RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS		RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO		PERIODICIDAD DEL INFORME	
Estaciones del sistema.		Entidad encargada del plan de movilidad.		MENSUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR					
CÓDIGO		NOMBRE		UNIDADES	
(Ti)		[Tiempo recorrido en el corredor]i		MINUTOS	
O		Vehículos que adelantan		VEHÍCULOS	
P		Vehículos adelantados		VEHÍCULOS	
V		Volumen Horario de Vehículos			
LIMITACIONES DEL INDICADOR:					
OBSERVACIONES:					

Anexo 17 Ficha KPI, SO-17.

ESCUDO DE LA CIUDAD	ALCALDIA DE (CIUDAD) SECRETARÍA DE MOVILIDAD INDICADORES DE GESTIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO		ESCUDO DEL SISTEMA TRANVIARIO
CÓDIGO	NOMBRE DEL INDICADOR		SIGLA
SO-17	USUARIOS DE LA RED DE TERMINALES QUE USAN EL TRANVÍA		Iviajeros
CATEGORÍA:	GESTIÓN DE SERVICIOS OPERACIONALES		
FUENTE DEL INDICADOR:	Aforo estaciones del sistema tranviario.		
OBJETIVO DEL INDICADOR	Optimizar el porcentaje de viajeros, usuarios del transporte público, particularmente los correspondientes al colectivo y el masivo.		
DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR:	Refleja el porcentaje de usuarios del Tranvía que usan las estaciones de transporte y permite calcular la proporción de viajeros salientes o entrantes en la ciudad, que usan el Tranvía como medio para el desplazamiento, previa/posteriormente a su llegada/salida de los diversos terminales terrestres o aéreos de la ciudad.		
LÍNEA BASE DEL INDICADOR:		Se obtendrá del aforo del año anterior.	
FÓRMULA			
$I_{viajeros} = 100 * \left(\frac{cantidad_de_viajeros_usuarios_del_SITP}{cantidad_total_de_viajeros} \right)$			
METODOLOGÍA			
Mediante encuestas de la estación se obtiene la Cantidad de viajeros y cantidad de viajeros usuarios del Tranvía.			
UNIDAD DE MEDICIÓN	PERIODICIDAD DE LA MEDICIÓN	RESPONSABLE DE LA MEDICIÓN	
FUENTE DE DATOS	RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO	PERIODICIDAD DEL INFORME	
ENCUESTA	Entidad encargada de encuestas.	ANUAL	
VARIABLES DE CÁLCULO DEL INDICADOR			
CÓDIGO	NOMBRE	UNIDADES	PERIODICIDAD
Operadores	Cantidad de viajeros usuarios del SITMP	# VIAJEROS	ANUAL
Terminales	Cantidad total de viajeros	# VIAJEROS	ANUAL
LIMITACIONES DEL INDICADOR: Las propias de una encuesta.			
OBSERVACIONES: Es conveniente realizar dichas encuestas en tiempos vacacionales y puentes, cuando mayor afluencia registran las terminales.			