

Análisis del desempeño e ineficiencia del sistema de rutas de transporte público colectivo
transgirón s.a.

Jean Marco Ciódaro Torres y Jose Alfredo Rojas Caballero

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Director:

Luis David Arévalo Durán

Ingeniero civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2020

AGRADECIMIENTOS

A la gran familia UIS, tanto a los profesores como demás personas que con su trabajo hacen parte de esta querida institución, con su paciencia y enseñanza motivan a seguir adelante. Gracias al profesor Luis David Arévalo Duran por su compromiso y conocimiento prestado en este proyecto, igualmente agradezco a mi familia, compañeros y amigos que a lo largo de este ciclo fueron incondicionales.

Jose Alfredo Rojas Caballero

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por bendecirnos con la vida y guiarnos durante nuestra carrera.

A mis padres Martha Torres Cajar y Edgardo Ciódaro Ochoa, y abuela Gloria Cajar, por ser el pilar fundamental de mi vida, por el amor, y apoyo que me brindaron, por los valores que me inculcaron y el sacrificio que han hecho para que pueda llegar donde estoy.

A mis hermanos Anheló, Mafe y Sebas por estar siempre presentes en mi vida, y ser un motivo para este logro.

Al ingeniero Luis David Arévalo, por su trabajo y experiencia como director de nuestro proyecto.

A los docentes que tuve a lo largo de mi carrera por ser mis guías y mentores, caracterizados por la excelente calidad y ética.

A mis amigos y compañeros que fueron de gran apoyo a lo largo de mi carrera.

Jean Marco Ciódaro Torres

Tabla de contenido

Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
2. Marco teórico	14
2.1 Índice de desempeño de los corredores	14
2.2 Velocidad comercial o de recorrido	14
2.3 Velocidad operacional.....	14
2.4 Índice de ineficiencia	15
2.5 Tiempo de ciclo.....	15
2.6 Nivel de servicio	15
2.7 Tiempo de aceleración y desaceleración en una parada	15
2.8 Tiempo de atención o parada	15
2.9 Índice IPK	16
2.10 Tipología de la flota	16
3. Metodología	21
3.1 Revisión de datos históricos.....	22
3.2 Caracterización de uso de suelo de las rutas.....	22

3.3 Toma de información en campo	23
3.3.1 Información para determinar el desempeño.....	23
3.3.2 Información para determinar la ineficiencia.....	24
3.4 Determinación de los índices de desempeño e ineficiencia	24
3.4.1 Índice de desempeño.....	25
3.4.2 Índice de ineficiencia	29
3.5 Índice IPK	30
4. Resultados.....	31
4.1 Cálculo del índice de desempeño.....	31
4.2 Cálculo del índice de ineficiencia	35
4.3 Cálculo del índice IPK	37
5. Conclusiones.....	40
Referencias.....	43
Apéndices.....	45

Lista de Tablas

Tabla 1. Velocidad máxima (Km/h) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad.....	26
Tabla 2. Estudio de índice desempeño por tramos de la ruta 30.....	31
Tabla 3. Estudio de índice desempeño por tramo de la ruta 31.	32
Tabla 4. Estudio de índice desempeño por tramo de la ruta 32.	33
Tabla 5. Desempeño ponderado por tramo de la ruta 30.	33
Tabla 6. Desempeño ponderado por tramo de la ruta 31.	34
Tabla 7. Desempeño ponderado por tramo de la ruta 32.	34
Tabla 8. Análisis del desempeño operacional.....	34
Tabla 9. Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 30.	35
Tabla 10. Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 31.	35
Tabla 11. Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 32.	36
Tabla 12. Recomendación de la EBTU de tiempos de terminal acorde con la duración de los recorridos.	37
Tabla 13. Aspectos relevantes Ruta 30.	37
Tabla 14. Aspectos relevantes Ruta 31.	38
Tabla 15. Aspectos relevantes Ruta 32.	38
Tabla 16. Elaboración con base en indicadores de IPK, Documento Conpes,	39

Lista de Figuras

Figura 1. Fotografía de bus de Transgirón S.A.....	16
Figura 2. Recorrido de la ruta 30 en el AMB.	17
Figura 3. Recorrido de la ruta 31 en el AMB.	18
Figura 4. Recorrido de la ruta 32 en el AMB.	20

Lista de Apéndices

Apéndice A. Plantillas para el estudio del índice de desempeño.....	45
Apéndice B. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 30.....	46
Apéndice C. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 31.....	47
Apéndice D. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 32	48
Apéndice E. Plantillas para el índice de ineficiencia.....	49
Apéndice F. Plantilla con datos para el cálculo de ineficiencia.....	50
Apéndice G. Formato ruta 30, estudio con los cálculos correspondientes.	51
Apéndice H. Formato ruta 31, estudios con los cálculos correspondientes.....	52
Apéndice I. Formato ruta 32, estudios con los cálculos correspondientes.	54

Resumen

Título: Análisis del desempeño e ineficiencia del sistema de rutas de transporte público colectivo transgirón s.a.*

Autores: Jean Marco Cíodaro Torres y Jose Alfredo Rojas Caballero**

Palabras Clave: Desempeño, ineficiencia, velocidad operacional, velocidad comercial, rutas.

Descripción:

En este estudio se elabora un análisis operacional mediante la determinación de índices de desempeño e ineficiencia, que brindan un diagnóstico de la operación del sistema de rutas de transporte público colectivo TRANSGIRÓN S.A, para obtener estos índices se realizó una toma de datos relacionada con longitudes y tiempos del recorrido de las rutas, demarcación de tramos abiertos y urbanos, tiempos de aceleración-desaceleración en paradas y tiempos de permanencia en el terminal suministrados por la empresa TRANSGIRÓN S.A. Con lo cual se busca caracterizar el nivel de operación del sistema mediante los índices obtenidos en el estudio y determinar si se encuentran entre los valores apropiados para desarrollar una adecuada operación en el área metropolitana de Bucaramanga, se busca establecer indicadores de desempeño e ineficiencia a partir del comportamiento de los automotores en las rutas habilitadas para prestar el servicio, usando para ello información de campo y datos históricos de proyectos similares, que permitan describir un diagnóstico del comportamiento operacional. Dentro de estos indicadores se encuentran el índice de desempeño, relacionado con la congestión vehicular que afecta el desarrollo de velocidades comerciales y operacionales, el índice de ineficiencia, que también tiene que ver con la congestión y la demanda de viajes que originan mayores o menores tiempos en los terminales.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civil.

Abstract

Title: Analysis of the performance and inefficiency of the collective public transport route system transgirón s.a.*

Authors: Jean Marco Ciódaro Torres y Jose Alfredo Rojas Caballero**

Key Words: Desempeño, ineficiencia, velocidad operacional, velocidad comercial, rutas.

Description:

In this study an operational analysis is elaborated by means of the determination of performance and inefficiency indices, which provide a diagnosis of the operation of the collective public transport route system TRANSGIRÓN SA, to obtain these indices a data collection related to lengths and Route travel times, demarcation of open and urban sections, acceleration-deceleration times at stops and residence times in the terminal supplied by the company TRANSGIRÓN SA, which seeks to characterize the level of operation of the system through the indices obtained In the study and determine if they are among the appropriate values to develop an adequate operation in the metropolitan area of Bucaramanga, it seeks to establish performance and inefficiency indicators based on the behavior of motor vehicles on the routes enabled to provide the service, using to this field information and historical project data Similar coughs, which describe a diagnosis of operational behavior. Among these indicators are the performance index, related to traffic congestion that affects the development of commercial and operational speeds, the inefficiency index, which also has to do with congestion and the demand for trips that originate longer or shorter times. at the terminals, since it is a topic that interests us all.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Director: Luis David Arévalo Durán, Ingeniero Civil.

Introducción

Un sistema de transporte público colectivo organizado y efectivo es una necesidad de los ciudadanos, por cuanto significa un medio de movilidad eficiente y sostenible en la región frente a medios de transporte como el auto particular y la motocicleta, hoy día de mayor uso. La creciente movilización en las ciudades conlleva al diseño y ejecución de sistemas de transporte eficientes que permitan a las personas desplazarse sin mayores contratiempos, los cuales afectan directamente en el cumplimiento de las responsabilidades de los usuarios en actividades como el trabajo, el estudio, las compras y demás actividades relacionadas al diario vivir.

El excesivo uso del vehículo particular genera congestión, que se traduce en externalidades negativas como la accidentalidad, contaminación, el deterioro urbano, el alto consumo de combustible y la pérdida de tiempo para los usuarios de la zona, además afecta directamente el desarrollo operacional de los sistemas de transporte público colectivo (TPC), dado que no permite alcanzar velocidades comerciales y de operación adecuadas para satisfacer a los usuarios, así como la medida de ineficiencia de las unidades transportadoras.

Por estas razones es de gran importancia hacer un seguimiento al desempeño de estos sistemas de (TPC), se requiere fijar un plan de evaluación de las rutas del sistema existente y de monitoreo de las condiciones de operación adoptadas para el futuro. Para esto no se cuenta con una metodología establecida por parte de las autoridades para evaluar la operación de las rutas o del sistema de transporte público de la ciudad. Cabe entonces recordar que para los usuarios el desempeño del sistema está relacionado con los parámetros que definen el nivel de servicio que prestan las rutas, mientras que para los operadores el interés es netamente económico.

Se busca establecer indicadores de desempeño e ineficiencia a partir del comportamiento de los automotores en las rutas habilitadas para prestar el servicio, usando para ello información de campo y datos históricos de proyectos similares, que permitan describir un diagnóstico del comportamiento operacional que presta algunas rutas de la empresa de transporte público TRANSGIRÓN S.A.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general.

Realizar un análisis del desempeño e ineficiencia de las rutas del sistema de transporte colectivo convencional de la Empresa Transgirón que se encuentren habilitadas.

1.2. Objetivos específicos.

Realizar la toma de datos de información de velocidades de operación y comerciales de las rutas de Transgirón, la toma de datos de tiempos de recorridos entre terminales y los tiempos en los terminales y la revisión de datos históricos.

Determinar el desempeño y la ineficiencia de las rutas en operación de Transgirón.

Estimar las conclusiones y recomendaciones para el logro de desempeños óptimos y eficiencia en la prestación del servicio, de las rutas en operación, con base en los indicadores calculados.

2. Marco teórico

El análisis operacional es un proceso que busca la revisión de diferentes valores que reflejan el rendimiento de una ruta de (TPC). Dentro de estos indicadores se encuentran el índice de desempeño, relacionado con la congestión vehicular que afecta el desarrollo de velocidades comerciales y operacionales, el índice de ineficiencia, que también tiene que ver con la congestión y la demanda de viajes que originan mayores o menores tiempos en los terminales. En estos dos aspectos se va a centrar este estudio (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

2.1 Índice de desempeño de los corredores

Este indicador como se mencionó anteriormente es de tipo operacional, el cual es una relación entre la velocidad de recorrido y la velocidad operacional.

2.2 Velocidad comercial o de recorrido

Es la división entre la longitud total de la ruta y el tiempo empleado en realizarla, en este valor intervienen factores externos como el tránsito, el estado de la vía, factores sociales y ambientales (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

2.3 Velocidad operacional

Para el cálculo de este valor se requiere un análisis detallado de la distancia de los tramos (X_i), el tiempo requerido en desacelerar (T_d) y acelerar (T_a) en una parada, la velocidad máxima durante todo el tramo (V_{max}), el tiempo que tarda en cada parada (T_{ap}) y claramente el número de paradas (p) (Lozano et al., 2013).

2.4 Índice de ineficiencia

es una relación entre el tiempo de espera en el terminal a cada nuevo viaje y el tiempo que tarda en completar este (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

2.5 Tiempo de ciclo

Es el tiempo que toma en completar la ruta en minutos, desde la partida en el terminal hasta su llegada nuevamente (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

2.6 Nivel de servicio

Se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la (A) hasta la (F) siendo el nivel de servicio (NS) (A) el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS (F), las peores, el concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos, y de su percepción por los conductores” (Escobar, 2007).

2.7 Tiempo de aceleración y desaceleración en una parada

Es el tiempo que pasa mientras acelera y desacelera el autobús para realizar una parada.

2.8 Tiempo de atención o parada

Es el tiempo que pasa mientras ocurre una parada, va desde el instante que está detenido el autobús hasta que se pone en marcha.

2.9 Índice IPK

Índice de pasajeros por kilómetro (IPK). Se obtiene de la relación entre el total de pasajeros movilizados en el viaje y la longitud de la ruta. Se expresa en $[pas/km]$. (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

2.10 Tipología de la flota

En este documento se elaboró un estudio operacional a las rutas de transporte público colectivo de la empresa TRANSGIRON S.A. Se analizan las rutas #30, #31 y #32 las cuales hacen un recorrido en el área metropolitana de Bucaramanga (AMB) entre los municipios de Girón y Bucaramanga.

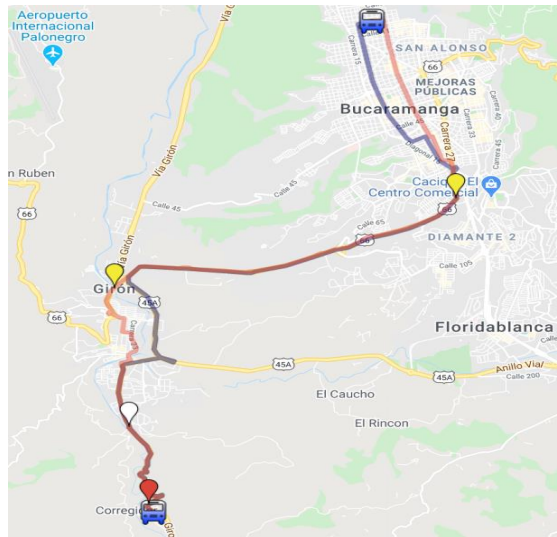
Figura 1.

Fotografía de bus de Transgirón S.A.



Ruta #30**Figura 2.**

Recorrido de la ruta 30 en el AMB.



Nota: Tomado de *Google Maps*.

Código: 30

Ruta: Mirador de arenales – Poblado – Centro – Carrera 22

Terminal: Mirador de arenales

Empresa: Transportes Girón s.a.

Cartel de ruta: Tirador de arenales – Poblado – Centro – Carrera 22

Recorrido:

Ciudadela nuevo Girón – Calle 3 – Mirador de arenales – Calle 10 – Carrera 26 – Puente Lenguerke
-Carrera 23 – Calle 44 – Carrera 26 –Glorieta el poblado – Calle 43 – Vía girón Bucaramanga –

Intercambiador puerta del sol – Diagonal 15 – Carrera 21 – Calle 50 – Carrera 17 – Calle 8 – Carrera 22 – Calle 57 – Intercambiador de la puerta del sol – Vía Bucaramanga Girón– Poblado – Calle 43 – Glorieta el poblado – Calle 43 – Carrera 23 – Puente Lenguerke – Carrera 26 – Villas – Mirador de arenales – Ciudadela nuevo girón

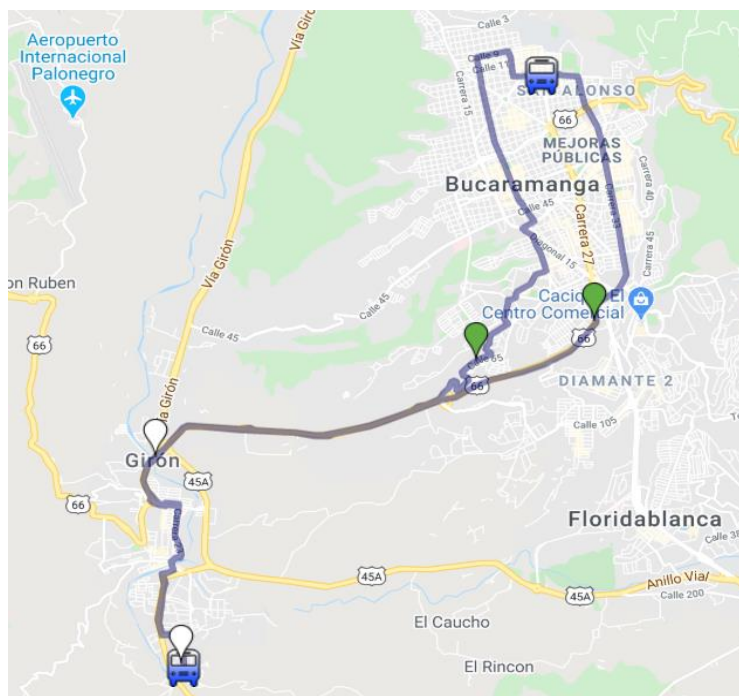
Capacidad Mínima 20

Capacidad Máxima 22

Ruta #31

Figura 3.

Recorrido de la ruta 31 en el AMB.



Nota: Tomado de *Google Maps*.

Código 31

Ruta: Bahondo – Carrera 33

Terminal: Mirador de arenales

Empresa: Transportes Girón s.a.

Cartel de ruta: Bahondo – Poblado – Carrera 33 – UIS

Recorrido:

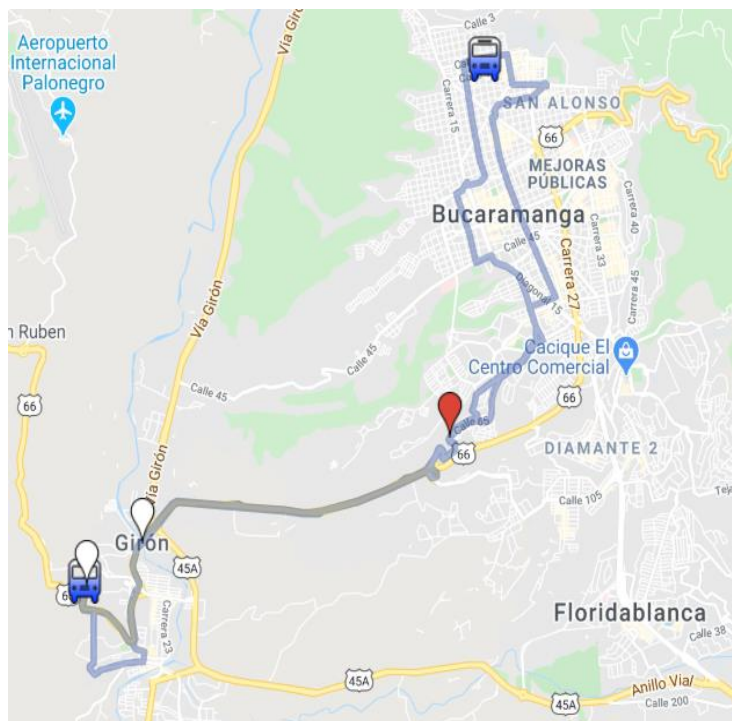
Ciudadela nuevo girón-Mirador de arenales – Calle 10 – Carrera 26 – Puente lenguerke – Carrera 23 – Calle 44 – Carrera 26 – Glorieta el poblado – Calle 43 – Vía Girón Bucaramanga – Calle 67 – Carrera 33 – Calle 14 – Carrera 23 – Calle 9 – Carrera 18 – av. la rosita – Diagonal 15 – Carrera 17 – Calle 56 plaza mayor – Calle 61 – Puente el bueno – Vía Bucaramanga Girón – Puente palenque – El poblado – Calle 43 – Glorieta del poblado – Calle 43 – Carrera 23 – Calle 27 – Puente Lenguerke – Calle 26 – Carrera 26 – Calle 10 – Mirado de arenales– Ciudadela nuevo girón

Capacidad Mínima 20

Capacidad Máxima 24

Ruta #32**Figura 4.**

Recorrido de la ruta 32 en el AMB.



Nota: Tomado de *Google Maps*.

Código 32

Ruta: bellavista – Poblado – Real De Minas – UIS

Terminal: Eloy Valenzuela

Empresa: Transportes Girón S.A.

Cartel De Ruta: Bellavista – Poblado – Real De Minas – UIS

Recorrido

Bellavista – Paraíso – Eloy Valenzuela – La aldea – Carrera 36 – Calle 28 a – Calle 28 – Carrera 27 – Calle 49 – Vía girón Bucaramanga – Puente el bueno – Transversal metropolitana – Barrio Bucaramanga – Calle 64 – Calle 61 – Carrera 17 – Calle 55 – Carrera 21 – Boulevard Santander – Calle 16 – Glorita de la carrera 30 con calle 14 – Calle 14 – Carrera 25 – Calle 9 – Carrera 18 – Avenida quebrada seca – Carrera 13 – Calle 45 – Diagonal 15 – Carrera 17 – Calle 61 – Ciudad bolívar – Transversal Metropolitana – Puente el bueno – Vía Bucaramanga Girón – Puente palenque– El poblado – Calle 43 – Glorieta del poblado – Calle 43 – Carrera 23 – Calle 27 – La campiña – Barrio Eloy Valenzuela – Paraíso – Bellavista

Capacidad Mínima 20

Capacidad Máxima 22

3. Metodología

La realización de este estudio se planteó siguiente forma:

a. Caracterización de las rutas y su operación dentro del (TPC) mediante datos recolectados en campo relacionado con ciclos de viaje, tiempos de permanencia en terminales, tiempos de aceleración y desaceleración, número de paradas y tiempo de atención de pasajeros de los autobuses que prestan el servicio, con la ayuda de dos formatos especiales del ministerio de Transporte, para el análisis del desempeño y para estimar la ineficiencia de las rutas, teniendo en cuenta datos históricos de proyectos como *“Determinación de las longitudes de viaje de los usuarios del transporte público colectivo convencional aplicado a las rutas de la empresa de*

transporte urbano Transgirón en el área metropolitana de Bucaramanga” y “Análisis del desempeño e ineficiencia del transporte público colectivo del AMB, aplicado a las rutas 1,2,3,4, y 5 del transporte colectivo convencional”.

b. Cálculo de índices operacionales y Análisis de resultados

3.1 Revisión de datos históricos

Como apoyo del estudio, se analizaron datos de campo recolectados en proyectos anteriores como: *“Análisis del desempeño e ineficiencia del transporte público colectivo del AMB, aplicado a las rutas 1,2,3,4, y 5 del transporte colectivo convencional”* este estudio mencionado se realizó en el mes de octubre del 2018 en el Área Metropolitana de Bucaramanga, donde se registraron datos para cada ruta en tres horas diferentes del día, y poder determinar velocidades comerciales y de operación, igualmente se analizaron tiempos de permanencia en el terminal y ciclos de recorrido (Galvis y Gómez, 2018).

Se aclara que para la realización del análisis operacional de las rutas de Transgirón S.A. se implementó únicamente información de datos históricos sobre los tiempos de aceleración – desaceleración y atención de una parada, igualmente se comprobó estos valores en campo.

3.2 Caracterización de uso de suelo de las rutas

Para cada ruta seleccionada en el estudio se definen los límites de los tramos abiertos y urbanos, igualmente se determinan su longitud, se tienen estos puntos como referencia en la toma de tiempos para calcular un índice de desempeño por separado para cada tramo. Dado que la recolección de

datos para este estudio se realizó bajo un escenario de aislamiento preventivo por la pandemia, se decidió solo dividir el recorrido en tramos abiertos y urbanos. Para un análisis más detallado se recomienda sectorizar en tramos abiertos, residenciales y comerciales pues en circunstancias normales el comportamiento de estos es diferente.

3.3 Toma de información en campo

Se determina el horario en el cual se recolectarán los datos, en este caso se hizo únicamente en la hora pico del mediodía, pero se recomienda realizar para cada ruta una toma de información en hora pico como en hora valle un día entre semana como el miércoles. El terminal donde se despachan las rutas se toma como punto de partida y llegada, donde se define la hora de inicio del recorrido y su finalización.

3.3.1 Información para determinar el desempeño.

En la planilla Tabla 1. se toman datos de inicio el recorrido, número y hora de las paradas, el número de pasajeros que suben o descienden del vehículo, igualmente se considera si las paradas se realizan en tramos abiertos o en tramos urbanos. También se analizan los tiempos de aceleración-desaceleración para realizar una parada como el tiempo que demora en esta, igualmente se toma las velocidades máximas alcanzadas tanto en los tramos abierto como urbanos.

Apéndice A.

Plantilla para el estudio del índice de desempeño

La toma de datos en campo se realizó en la semana del 6 al 12 de julio del 2020, en horas del mediodía, Esta información recolectada se presenta en las plantillas en los apéndices *B - D*.

*Apéndice B - D.**Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño***3.3.2 Información para determinar la ineficiencia**

En este caso se deben tomar los datos de los ciclos de cada ruta, también los tiempos de permanencia de los vehículos en el terminal entre recorridos, para este estudio estos datos fueron suministrados por la empresa, por las circunstancias sanitarias mencionadas anteriormente, pero se recomienda que esta información sea directamente tomada por los aforadores.

*Apéndice E.**Plantilla para el cálculo de ineficiencia.*

La información suministrada por la empresa Transgirón S.A, sobre los tiempos de permanencia en el terminal y ciclos de recorrido para las diferentes rutas estudiadas, registrada durante el mes de junio del año 2020, se presentan en el apéndice F.

*Apéndice F**Plantilla con datos recolectados para el cálculo de ineficiencia.***3.4 Determinación de los índices de desempeño e ineficiencia**

Con la toma de información relacionada con las velocidades comerciales y operacionales, es posible determinar el índice de desempeño de las rutas.

A partir de los tiempos de recorrido de los automotores de (TPC) de las rutas mencionadas y de los tiempos de permanencia en sus terminales es posible calcular un índice de ineficiencia.

3.4.1 Índice de desempeño.

Velocidad comercial

$$V_{c_i} = \frac{X_i}{t_i} \quad (1)$$

Donde:

X_i = Longitud del tramo i (Km)

t_i = tiempo recorrer el tramo (hrs)

Calculo tipo:

- Ruta: 31
- Tramo: Abierto
- Longitud: 0,6 km
- Intervalo: [12:04:00 -12:03:00]
- Tiempo: 0,017 hrs

$$V_{c_i} = \frac{0,6 \text{ km}}{0,017 \text{ hrs}} = 36 \text{ [km/h]}$$

Velocidad operacional

$$V_{oi} = \frac{X_i}{\frac{X_i}{V_{max}} + p(t_a + t_d) + \Sigma p T_{Ap}} \quad (2)$$

Donde:

X_i = Extensión del tramo i (Km)

$V_{máx}$ = Velocidad máxima tramo i (km/h)

p = Número de paradas en el tramo i

$t_a + t_d = T$ aceleración – desaceleración (hrs)

$\sum pT_{Ap}$ = Suma tiempos de atención (hrs)

Para la zona del área metropolitana de Bucaramanga la cual cuenta con una población mayor a 100.000 habitantes, las velocidades máximas en los tramos con el fin de calcular la velocidad operacional, según la recomendación de la ENO propuesta en la tabla 1 (Gerlough, 1976).

Tabla 1.

Velocidad máxima (Km/h) según la zona urbana y el tamaño de la ciudad.

Población (N° de habitantes)	Zona comercial		Zona residencial		Zona abierta	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
10,000 a	24-	24-56	32-	32-56	40-	40-96
25,000	56		56		96	
25,000 a	24-	24-32	32-	32-48	56-	56-72
50,000	40		56		72	
50,000 a	24-	24-40	32-	32-48	48-	48-64
100,000	40		48		64	
100,000 o	24-	24-48	32-	32-48	56-	56-88
más	48		48		96	

Nota: Recomendación de la ENO

Para este caso se tomaron:

- V_{max} tramo urbano 25 km/h
- V_{max} tramo abierto 65 km/h

Para el cálculo de la velocidad operacional se extrajeron y corroboraron en campo los tiempos de aceleración – desaceleración y de atención para realizar una parada de acenso o descenso de pasajeros del proyecto “Análisis del desempeño e ineficiencia del transporte público colectivo del AMB, aplicado a las rutas 1,2,3,4, y 5 del transporte colectivo convencional” para realizar las operaciones utilizaron los siguientes valores.

- Tiempo de atención por parada: 15 s
- $t_a + t_d$: 6 s

Calculo tipo:

- Ruta: 31
- Tramo: Abierto
- Longitud: 0,6 km
- Número de paradas: 1
- Tiempo de atención por parada: 15 s
- $t_a + t_d$: 6 s
- Velocidad máxima en el tramo: 65 (km/h)

$$\Sigma pT_{Ap} = 15 \text{ s} \times 1 = 15 \text{ s}$$

$$\Sigma pT_{Ap} = 0,0042 \text{ hrs}$$

$$t_a + t_d = 0,00138 \text{ hrs}$$

$$V_{oi} = \frac{0,6km}{\frac{0,6km}{65km/h} + 1(0,00138hrs) + 0,0042 hrs}$$

$$V_{oi} = 44,3 km/h$$

Índice de desempeño %

$$\beta_i = \frac{V_{c_i}}{V_{oi}} * 100 \quad (3)$$

Donde:

V_{c_i} = Velocidad comercial

V_{oi} = Velocidad operacional

Calculo tipo:

- Ruta: 31
- Tramo: Abierto
- V_c : 36 km/h
- V_o : 43 km/h

$$\beta_i = \frac{36 km/h}{43,3 km/h} * 100$$

$$\beta_i = 83.1\%$$

De esta forma se puede determinar un desempeño para los tramos individuales del recorrido. Ahora se calcula en cada ruta un desempeño general tanto para el tramo abierto como el tramo urbano, para esto se determina la longitud total de los tramos abiertos y tramos urbanos por separados en cada recorrido y se toma como el cien por ciento respectivamente, se saca un porcentaje correspondiente a cada tramo según su longitud, respecto a la longitud total de los tramos al que pertenece.

$$L \text{ total del tramo abierto} = 19.4 \text{ Km}$$

$$L \text{ del tramo abierto (i)} = 0,6 \text{ Km}$$

$$\text{Desempeño tramo abierto (i)} = 83.1\%$$

$$\text{Fraccion(i)} = \frac{0,6\text{km}}{19,4\text{km}} = 0,031$$

$$\beta = \Sigma \left(\frac{L \text{ tramo}_i}{L \text{ total tramo}} \times \text{Desempeño tramo}_i \right)$$

$$= (0.031 \times 81.33) + (0.134 \times 60.33)$$

$$(0.366 \times 70.52) + (0.304 \times 53.87)$$

$$(0.134 \times 34.67) + (0.031 \times 24)$$

$$\beta = 62,1\%$$

3.4.2 Índice de ineficiencia

Se calcula de índice de ineficiencia para cada ruta, se utilizaron tiempos de terminal, cuya información fue suministrada por la empresa TRANSGIRON S.A. Este índice se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{Tt}{Tc} * 100 \quad (4)$$

Donde:

Tt = Tiempo en el terminal

Tc = Tiempo de ciclo

3.5 Índice IPK

$$IPK = \frac{PasT}{LT} \quad (5)$$

Donde:

PasT = Pasajeros transportados

LT = Longitud total

Calculo tipo:

- Ruta: 31
- PasT: 22 Pasajeros
- LT: 40,7 Km

$$IPK = \frac{22 Pas}{40.7 Km} \quad (6)$$

$$IPK = 0,54 \text{ Pas/km}^7$$

4. Resultados

Se realizó el tratamiento de los datos recolectados, en donde se pudo calcular los índices de desempeño e ineficiencia de las rutas según el tramo.

4.1 Cálculo del índice de desempeño

Para obtener este parámetro primero se calcularon las velocidades comerciales y operacionales de cada tramo abierto y urbano que recorrieron las rutas, y posteriormente se calcula el desempeño para cada uno, se recomienda ver los anexos 7.4.

En las tablas 2,3 y 4 se muestran los resultados obtenidos de desempeño [%] para las rutas 30, 31 y 32 respectivamente.

Tabla 2.

Estudio de índice de desempeño por tramos de la ruta 30.

Cálculo del desempeño por tramo / RUTA 30			
Tramo	V_c [Km/h]	V_{o(i)} [Km/h]	Desempeño [%]
ABIERTO (Terminal-N)	36	39,8	90,4
URBANO (Nuevo Girón)	12,8	21,3	59,8
ABIERTO (N Girón-Girón)	19,5	56,7	34,4
URBANO (Girón)	15,2	22,0	68,9

ABIERTO(Girón- B/manga)	53,3	58,7	90,7
URBANO (B/manga)	11,3	21,6	52,5
ABIERTO (B/manga-Girón)	47,33	61,7	76,7
URBANO (Girón)	19,85	21,4	92,8
ABIERTO (Girón-N Girón)	31,2	56,7	55,0
URBANO (Nuevo Girón)	12,75	18,6	68,5
ABIERTO (N Girón-Terminal)	36	39,8	90,4

Tabla 3.

Estudio de índice desempeño por tramo de la ruta 31.

Cálculo del desempeño por tramo / RUTA 31			
Tramo	V c [Km/h]	V o (i) [Km/h]	Desempeño [%]
ABIERTO (Terminal-N)	36	39,8	90,4
URBANO (Nuevo Girón)	10,2	21,3	47,8
ABIERTO (N Girón-Girón)	39,0	56,7	68,8
URBANO (Girón)	11,7	21,4	54,9
ABIERTO(Girón- B/manga)	47,3	56,0	84,5
URBANO (B/manga)	12,5	21,1	59,1
ABIERTO (B/manga-Girón)	39,3	57,6	68,3
URBANO (Girón)	16,1	22,7	71,1
ABIERTO (Girón-N Girón)	9,75	56,7	17,2

URBANO (Nuevo Girón)	17	18,6	91,3
ABIERTO (N Girón-Terminal)	18	39,8	45,2

Tabla 4.

Estudio de índice desempeño por tramo de la ruta 32.

Cálculo del desempeño por tramo / RUTA 32			
Tramo	V c [Km/h]	V o(i) [Km/h]	Desempeño [%]
ABIERTO (Terminal-Girón)	60	65,0	92,3
URBANO (Girón)	18,0	23,5	76,7
ABIERTO (Girón- B/manga)	51,4	61,1	84,1
URBANO (B/manga)	14,7	22,9	64,2
ABIERTO(B/manga- Girón)	40,0	61,1	65,4
URBANO (Girón)	5,7	17,1	33,3

Comparativamente, entre los tramos abiertos y urbanos, se evidencia en la primera un mejor desempeño. Posteriormente, se hizo el cálculo ponderado del desempeño tanto para los tramos urbanos como abiertos.

Tabla 5.

Desempeño ponderado por tramo de la ruta 30.

Cálculo del desempeño ponderado / RUTA 30	
Abierto	74 %
Urbano	65%

Tabla 6.*Desempeño ponderado por tramo de la ruta 31.*

Cálculo del desempeño ponderado / RUTA 31	
Abierto	67%
Urbano	62%

Tabla 7.*Desempeño ponderado por tramo de la ruta 32.*

Desempeño ponderado / RUTA 32	
Abierto	76%
Urbano	64%

En la Tabla 8 se califica el índice de desempeño de las rutas. Los valores obtenidos estuvieron en un rango del 60 al 80 % tanto en tramos urbanos como abiertos (TCRP, 2003).

Tabla 8.*Análisis del desempeño operacional.*

Desempeño %	Calificación
80-100	Excelente
60-80	Bueno
40-60	Regular
20-40	Malo

0-20	Pésimo
-------------	--------

Nota: *Transit Capacity and Quality of Service Manual. Second Edition TCRP 2003*

4.2 Cálculo del índice de ineficiencia

En las tablas 9,10 y 11 se recolectaron datos de tiempos de permanencia en el terminal de diferentes autobuses de cada ruta en estudio, con el fin de caracterizar las rutas según el índice de ineficiencia se recomienda ver el apéndice F.

Tabla 9.

Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 30.

Cálculo de ineficiencia RUTA 30			
N-° Bus	CICLO (min)	TIEMPO TERMINAL (min)	INEFICIENCIA [%]
322	132	15	11
427	126	16	13
824	133	15	11
423	138	14	10
565	128	16	13
Promedio			12

Tabla 10.

Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 31.

Cálculo de ineficiencia RUTA 31			
--	--	--	--

N-° Bus	CICLO (min)	TIEMPO TERMINAL (min)	INEFICIENCIA [%]
453	133	16	12
657	130	15	12
243	127	14	11
564	124	16	13
443	126	16	13
Promedio			12

Tabla 11.

Estudio de índice de ineficiencia de la ruta 32.

Cálculo de ineficiencia RUTA 32			
N-° Bus	CICLO (min)	TIEMPO TERMINAL (min)	INEFICIENCIA [%]
657	95	14	16
427	97	14	14
824	96	15	16
234	95	14	15
354	98	15	15
Promedio			15

Para poder obtener este índice se deben controlar los horarios de salida y llegada de cada vehículo al terminal de buses y poder registrar los tiempos para verificar el cumplimiento de los tiempos estimados para cada recorrido.

Al obtener los resultados se procede a compararlos con los valores de referencia que recomienda la EBTU, para las rutas 30 y 31 con ciclos de 120 min y la 32 con ciclos de 95 min aproximadamente.

Tabla 12.

Recomendación de la EBTU de tiempos de terminal acorde con la duración de los recorridos.

Indicadores de evaluación de eficiencia operacional del sistema de TPCU				
Tiempo de ciclo	Tiempo en el terminal [min]		Índice de ineficiencia	
Minuto s	Míni mo %	Máxi mo %	Ide al %	Máxi mo %
30	6	10	20	33
40	6	10	15	25
50	7	10	14	20
60	7	12	12	18
75	8	12	11	16
90	10	15	11	16
120	15	20	12	16

Nota: Tomado de *EBTU, Empresa brasileña de transporte urbano.*

Al realizar la comparación, entre las tablas 9, 10, 11 en relación con la tabla 12, se puede decir que las tres (3) rutas estudiadas presenten un índice de ineficiencia en el rango adecuado.

4.3 Cálculo del índice IPK

En las tablas siguientes 13,14 y 15 se muestran el índice IPK para las rutas habilitadas en estudio

Tabla 13.

Aspectos relevantes Ruta 30.

Aspectos relevantes Ruta 30	
Pasajeros transportados	23
Longitud(km)	41,1
Ocupación Crítica	10

IPK	0,55
Ciclo [min]	121
Tiempo Ruta [hrs]	2,02
Velocidad [Prome] [km/h]	20,4

Tabla 14.*Aspectos relevantes Ruta 31*

Aspectos relevantes Ruta 31	
Pasajeros transportados	22
Longitud(km)	40,7
Ocupación Crítica	11
IPK	0,54
Ciclo [min]	115
Tiempo Ruta [hrs]	1,92
Velocidad [Prome] [km/h]	21,2

Tabla 15.*Aspectos relevantes Ruta 32*

Aspectos relevantes Ruta 32	
Pasajeros transportados	12
Longitud(km)	32.4
Ocupación Crítica	8
IPK	0,37
Ciclo [min]	95

Tiempo Ruta [hrs]	1,58
Velocidad [Promo]	20.5
[km/h]	

El estudio de ascenso y descenso de pasajeros facilita información clave sobre la demanda, también posibilita determinar si la ubicación de los paraderos es la adecuada, también se define si es necesario reducir o incrementar los recorridos. (Alcaldía mayor y Triana, 2005).

Como se muestra ver en la tabla 16, la calificación de las rutas según el IPK, se puede decir que las rutas estudiadas 30,31 y 32 presentan un índice pésimo, lo cual afecta la operación del sistema colectivo urbano. (Conpes, 2003).

Tabla 16.

Elaboración con base en indicadores de IPK, Documento Conpes,

Eficiencia de la ruta según IPK		
Rango		Calificación
0	1	Pésimo
1	2	Malo
2	3	Regular
3	4	Aceptable
4	5	Bueno
5	6	Optimo
6	7	Consolidado

Nota: *Elaboración de escala de clasificación, de acuerdo con datos suministrados por Documentos Conpes para los sistemas de Transporte masivo, en donde 4 es el valor por el cual se equilibra un sistema de transporte público colectivo.*

5. Conclusiones

Debido al bajo flujo vehicular por la emergencia sanitaria, se obtuvieron índices de desempeño operacional por arriba del sesenta por ciento tanto para los tramos urbanos como abiertos, lo cual se relaciona directamente con bajo el grado de congestión, que mejora los niveles de servicio de las vías del AMB.

Al comparar los desempeños obtenidos en tramos urbanos y abiertos, se evidencia que estos últimos mostraron valores más altos de este indicador, al desarrollarse mejores velocidades comerciales en estos tramos el desempeño operacional del automotor aumenta.

Los rangos en los que se encuentra los índices de ineficiencia de las rutas son adecuados, pues guardan una relación de tiempo de permanencia en el terminal acorde a su ciclo.

Para caracterizar las rutas de una manera más representativa se puede tomar datos a cada una en diferentes días y franjas horarias puesto que existen factores que pueden incidir en el análisis, como averías mecánicas, accidentes o arreglos en la vía.

A pesar de que el nivel de desempeño es adecuado en las rutas, vemos que el índice de pasajeros por kilómetro (IPK) es pésimo, el cual no supera ni la unidad, esto se debe a la situación particular

de aislamiento preventivo en la que se realizó este estudio, pero además a la disminución preocupante de la demanda de viajes colectivo

El poco número de usuarios del sistema de transporte público colectivo hace que los tiempos de atención en las paradas sea más corto en comparación a escenarios normales, pues ascienden o descienden un pequeño número pasajeros en cada parada.

El presente estudio tuvo ciertas limitantes que es preciso señalar, como la pandemia que no permitió la obtención de datos de campo más precisos, teniendo que acudir a información secundaria de otro proyecto que no contaba con toda la cantidad de información que se requería, para determinar desempeños e ineficiencias, teniendo que acudir de todas formas al sondeo de algunos datos de campo.

Dado a que los desempeños de las unidades transportadoras están relacionados con las velocidades comercial y operacional, les corresponde a las autoridades de tránsito controlar la congestión vehicular, y a las empresas de transporte como también a las mismas autoridades controlar el sistema de paradas para recoger pasajeros, pues es muy dado en Bucaramanga que el autobús para donde el pasajero “saca la mano”

En cuanto a los niveles de ineficiencia, que están relacionados con el tiempo que duran los vehículos en los terminales y en el ciclo de viaje, la primera guarda una relación directa con la demanda de viajes y la segunda con la congestión. Esto implica que una baja demanda de viajes establece programaciones con frecuencia o intervalos de salida muy amplio, debiendo permanecer

mucho tiempo los buses en los terminales. En cuanto a la congestión vehicular que también guarda relación directa con la ineficiencia, es un problema de ciudad que debe resolverse mediante la prioridad del uso colectivo del transporte.

Referencias

Alcaldía Mayor. Secretaría de Tránsito y Transporte. Y Triana, W. F. C. (2005). Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte. Alcaldía Mayor. Bogotá (Colombia).

Área metropolitana de Bucaramanga Rutas público colectivo complementario [en línea] disponible en: www.amb.gov.co/rutas-publico-colectivo-complementario/

Beckmann, M; McGuire, C. B. and Winsten, C. Studies in the Economics of Transportation [en línea] disponible en: <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/files/pub/misc/specpub-beckmann-mcguire-winsten.pdf>

Cárdenas G. (2000) Infraestructura para el transporte público colectivo urbano TUNJA: Publicación universitaria UPTC pág. 75 y 76.

Consejo Nacional de Política Económica y Social [Conpes]. (2003). Documento Conpes 3260 de 2003: Política nacional de transporte urbano masivo. Departamento nacional de planeación, Bogotá (Colombia).

Escobar, F. A. (2007). Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela ingeniería de transporte y vías. Tunja.

Galvis, C. y Gómez, J. (2018) Análisis del desempeño e ineficiencia del transporte público colectivo del AMB, aplicado a las rutas 1,2,3,4, y 5 del transporte colectivo convencional. Universidad industrial de Santander, Bucaramanga.

Gerlough, D. (1976). Uso de la distribución de Poisson en el tráfico por carreteras, Edición Fundación ENO. Daugatuck. Connecticut.

Lozano, A; Torres, V y Antún, J. (2003). Tráfico vehicular en zonas urbanas [en línea] disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/644/64407005.pdf>

TCRP. (2003). Transit Capacity and Quality of Service Manual. Second Edition. Transit Cooperative Research Program. Transportation Research Board.

Apéndice B. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 30

ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS DEL TPC									
Fecha: (D.M.A.)	10/07/2020		Hora Inicio:	10:53:00	ciclo	Recorrido principal Tirador de arenales – Poblado – Centro – Carrera 22		Hoja:	1
Día:	Viernes		Hora Final:	12:57:00	2:04:00			De:	3
Ruta N.º: 30 Nombre de la Ruta:	MIRADOR DE ARENALES – POBLADO – CENTRO – CARRERA 22		t. aceleración y desaceleración 3s	Formato para un solo recorrido 3s		Empresa: TRANSGIRÓN S. A			
				Bus Convencional	22	LONGITUD DE LA RUTA [Km]	41,1	CICLO	124[min]
PARADA Nº	HORA	CLASE DE TRAMO	PASAJEROS QUE VAN A BORDO DEL VEHICULO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	A BORDO	CAUSA DE LA PARADA		
1	10:53:00	ABIERTO	0	0	0	0	Inicio de recorrido		
2	10:56:00	CERRADO	0	0	2	2	ASCENSO		
3	10:59:00	ABIERTO	2	0	1	3	ASCENSO		
4	11:08:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO		
5	11:15:00	CERRADO	4	1	2	5	ASCENSO		
6	11:17:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO		
7	11:19:00	CERRADO	6	1	3	8	ASCENSO		
8	11:24:00	ABIERTO	8	0	1	9	ASCENSO		
9	11:41:00	CERRADO	9	1	1	9	ASCENSO		
10	11:46:00	CERRADO	9	0	1	10	ASCENSO		
11	11:50:00	CERRADO	10	1	0	9	DESCENSO		
12	11:55:00	CERRADO	9	3	1	7	ASCENSO		
13	12:00:00	CERRADO	7	1	0	6	DESCENSO		
14	12:03:00	CERRADO	6	2	1	5	ASCENSO		
15	12:08:00	CERRADO	5	1	0	4	DESCENSO		
16	12:13:00	CERRADO	4	3	1	2	ASCENSO		
17	12:16:00	CERRADO	2	1	1	2	ASCENSO		
18	12:17:00	CERRADO	2	0	1	3	ASCENSO		
19	12:22:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO		
20	12:25:00	ABIERTO	4	0	1	5	ASCENSO		
21	12:37:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO		
22	12:38:00	CERRADO	6	1	0	5	DESCENSO		
23	12:40:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO		
24	12:44:00	CERRADO	6	0	1	7	ASCENSO		
25	12:47:00	CERRADO	7	2	0	5	DESCENSO		
26	12:48:00	ABIERTO	5	2	0	3	DESCENSO		
27	12:53:00	CERRADO	3	1	0	2	DESCENSO		
28	12:56:00	CERRADO	2	1	0	1	DESCENSO		
29	12:57:00	ABIERTO	1	1	0	0	DESCENSO		
OBSERVACIONES									
UIS	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL							ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS	

Apéndice C. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 31

ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS DEL TPC										
Fecha: (D.M.A.)		11/07/2020		Hora Inicio:	12:03:00	ciclo	Recorrido principal Bahondo – Poblado – Carrera 33 – UIS		Hoja:	2
Día:	LUNES			Hora Final:	1:58:10	1:55:00			De:	3
Ruta N.º: 31			t. aceleración y desaceleración	Formato para un solo recorrido			Empresa: Transgirón S.A.			
Nombre de la Ruta:	BAHONDO – CARRERA 33		3s	3s	Bus Convencional	24	LONGITUD DE LA RUTA [Km]	40,7	CICLO	115 [min]
PARADA N°	HORA	CLASE DE TRAMO	PASAJEROS QUE VAN A BORDO DEL VEHICULO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	A BORDO	CAUSA DE LA PARADA			
1	12:03:00	ABIERTO	0	0	1	1	Inicio de recorrido			
2	12:06:00	CERRADO	1	0	1	2	ASCENSO			
3	12:10:00	ABIERTO	2	0	1	3	ASCENSO			
4	12:18:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO			
5	12:23:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
6	12:31:00	CERRADO	5	0	2	7	ASCENSO			
7	12:32:00	CERRADO	7	0	1	8	ASCENSO			
8	12:34:00	CERRADO	8	1	2	9	ASCENSO			
9	12:37:00	ABIERTO	9	0	1	10	ASCENSO			
10	13:39:00	ABIERTO	10	0	1	11	ASCENSO			
11	12:44:00	CERRADO	11	1	0	10	DESCENSO			
12	12:48:00	CERRADO	10	1	0	9	DESCENSO			
13	12:49:00	CERRADO	9	2	0	7	DESCENSO			
14	12:55:00	CERRADO	7	3	0	4	DESCENSO			
15	12:56:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
16	12:57:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO			
17	12:59:00	CERRADO	6	1	1	6	ASCENSO			
18	1:01:00	CERRADO	6	1	0	5	DESCENSO			
19	1:02:50	CERRADO	5	1	0	4	DESCENSO			
20	1:05:00	CERRADO	4	1	0	3	DESCENSO			
21	1:09:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO			
22	1:11:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
23	1:14:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO			
24	1:21:00	CERRADO	6	0	1	7	ASCENSO			
25	1:23:00	ABIERTO	7	0	1	8	ASCENSO			
26	1:26:00	ABIERTO	8	0	1	9	ASCENSO			
27	1:43:35	CERRADO	9	1	0	8	DESCENSO			
28	1:44:00	CERRADO	8	0	1	9	ASCENSO			
29	1:45:00	CERRADO	9	1	0	8	DESCENSO			
30	1:57:00	CERRADO	8	2	0	6	DESCENSO			
31	1:58:10	ABIERTO	6	1	0	5	DESCENSO			
OBSERVACIONES										
UIS	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS	

Apéndice D. Plantilla con datos recolectados para índice de desempeño RUTA 32

ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS DEL TPC										
Fecha: (D.M.A.)		13/07/2020		Hora Inicio:	11:22:00	ciclo	Recorrido principal Bellavista – Poblado – Real De Minas – UIS		Hoja:	3
Dia:	LUNES			Hora Final:	12:57:00	1:35:00			De:	3
Ruta N.º: 32	BELLAVISTA – POBLADO – REAL DE MINAS – UIS		t. aceleración y desaceleración	Formato para un solo recorrido			Empresa: Transgirón S.A.			
Nombre de la Ruta:			3s	3s	Bus Convencional	24	LONGITUD DE LA RUTA [Km]	32,4	CICLO	95 [min]
PARADA N°	HORA	CLASE DE TRAMO	PASAJEROS QUE VAN A BORDO DEL VEHICULO	PASAJEROS QUE BAJAN	PASAJEROS QUE SUBEN	A BORDO	CAUSA DE LA PARADA			
1	11:22:00	ABIERTO	0	0	1	1	Inicio de recorrido			
2	11:30:00	CERRADO	1	0	2	3	ASCENSO			
3	11:34:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO			
4	11:41:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
5	11:44:00	ABIERTO	5	0	1	6	ASCENSO			
6	11:51:00	CERRADO	6	1	0	5	DESCENSO			
7	12:00:00	CERRADO	5	1	0	4	DESCENSO			
8	12:05:00	CERRADO	4	1	0	3	DESCENSO			
9	12:06:00	CERRADO	3	0	1	4	ASCENSO			
10	12:08:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
11	12:14:00	CERRADO	5	0	1	6	ASCENSO			
12	12:22:00	CERRADO	6	0	1	7	ASCENSO			
13	12:31:00	CERRADO	7	0	1	8	ASCENSO			
14	12:37:00	ABIERTO	8	2	0	6	DESCENSO			
15	12:45:00	CERRADO	6	1	0	5	DESCENSO			
16	12:46:00	CERRADO	5	1	0	4	DESCENSO			
17	12:48:00	CERRADO	4	0	1	5	ASCENSO			
18	12:51:00	CERRADO	5	1	0	4	DESCENSO			
19	12:55:00	CERRADO	4	2	0	2	DESCENSO			
20	12:57:00	CERRADO	2	2	0	0	DESCENSO			
OBSERVACIONES										
UIS	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					ESTUDIO DE DESEMPEÑO DE RUTAS				

Apéndice F. Plantilla con datos para el cálculo de ineficiencia.

HORA SALIDA TERMINAL	HORA LLEGADA TERMINAL	CICLO RUTA 30	TIEMPO EN EL TERMINAL	HORA SALIDA TERMINAL	HORA LLEGADA TERMINAL	CICLO RUTA 31	TIEMPO EN EL TERMINAL	HORA SALIDA DEL TERMINAL	HORA LLEGADA TERMINAL	CICLO RUTA 32	TIEMPO EN EL TERMINAL
05:20:00	07:32:00	02:12:00	15	07:36:20	09:49:20	02:13:00	16	08:18:20	09:54:05	01:35:45	16
05:34:00	07:40:00	02:06:00	16	07:50:20	10:00:20	02:10:00	15	08:34:20	10:12:05	01:37:45	14
05:50:00	08:03:00	02:13:00	17	08:04:20	10:11:20	02:07:00	14	08:50:20	10:30:05	01:39:45	16
06:10:00	08:28:00	02:18:00	14	08:18:20	10:22:20	02:04:00	16	09:06:20	10:48:05	01:41:45	15
06:26:00	08:34:00	02:08:00	16	08:32:20	10:33:20	02:01:00	16	09:22:20	11:03:05	01:40:45	15

Apéndice G. Formato ruta 30, estudio con los cálculos correspondientes.

Cálculo de la velocidad comercial por tramo / RUTA 30						
Tramo	Hora inicial	Hora final	Tiempo [min]	Tiempo [hrs]	Longitud [Km]	V c [Km/h]
ABIERTO (Terminal-N Girón)	10:53:00	10:54:00	00:01:00	0.017	0.60	36
URBANO (Nuevo Girón)	10:54:00	10:58:00	00:04:00	0.067	0.85	12.8
ABIERTO (N Girón-Girón)	10:58:00	11:06:00	00:08:00	0.133	2.60	19.5
URBANO(Girón)	11:06:00	11:23:00	00:17:00	0.283	4.30	15.2
ABIERTO(Girón-B/manga)	11:23:00	11:31:00	00:08:00	0.133	7.10	53.3
URBANO(B/manga)	11:31:00	12:25:00	00:54:00	0.900	10.20	11.3
ABIERTO(B/manga-Girón)	12:25:00	12:34:00	00:09:00	0.150	7.10	47.3
URBANO(Girón)	12:34:00	12:47:00	00:13:00	0.217	4.30	19.8
ABIERTO (Girón-N Girón)	12:47:00	12:52:00	00:05:00	0.083	2.60	31.2
URBANO (Nuevo Girón)	12:52:00	12:56:00	00:04:00	0.067	0.85	12.75
ABIERTO (N Girón-Terminal)	12:56:00	12:57:00	00:01:00	0.017	0.60	36

Cálculo de la velocidad operacional por tramo / RUTA 30						
Tramo	Longitud [Km]	NºP	Σ T atención [s]	Σ T atención hrs	Vmax [km/h]	V op(i) [Km/h]
ABIERTO (Terminal-N Girón)	0.60	1	15	0.0042	65	39.8
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	1	15	0.0042	25	21.3
ABIERTO (N Girón-Girón)	2.60	1	15	0.0042	65	56.7
URBANO(Girón)	4.30	4	60	0.0167	25	22.0
ABIERTO(Girón-B/manga)	7.10	2	30	0.0083	65	58.7
URBANO(B/manga)	10.20	11	165	0.0458	25	21.6
ABIERTO(B/manga-Girón)	7.10	1	15	0.0042	65	61.7
URBANO(Girón)	4.30	5	75	0.0208	25	21.4
ABIERTO (Girón-N Girón)	2.60	1	15	0.0042	65	57
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	2	30	0.0083	25	18.6
ABIERTO (N Girón-Terminal)	0.60	1	15	0.0042	65	40

Cálculo del desempeño ponderado / RUTA 30

Tramo	Longitud [Km]	%	Desempeño %	D ponderado %
ABIERTO (Terminal-N Girón)	0.60	0.029	90.38	74.24
ABIERTO (N Girón-Girón)	2.60	0.126	34.38	
ABIERTO(Girón-B/manga)	7.10	0.345	90.67	
ABIERTO(B/manga-Girón)	7.10	0.345	76.71	
ABIERTO (Girón-N Girón)	2.60	0.126	55.00	
ABIERTO (N Girón-Terminal)	0.60	0.029	90.38	
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	0.041	59.75	65.4
URBANO(Girón)	4.3	0.210	68.94	
URBANO(B/manga)	10.2	0.498	52.46	
URBANO(Girón)	4.3	0.210	92.85	
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	0.041	68.50	

Apéndice H. Formato ruta 31, estudios con los cálculos correspondientes.

Cálculo de la velocidad comercial por tramo / RUTA 31						
Tramo	Hora inicial	Hora final	Tiempo [min]	Tiempo [hrs]	Longitud [Km]	V c [Km/h]
ABIERTO (Terminal-N Girón)	12:03:00	12:04:00	00:01:00	0.017	0.60	36
URBANO (Nuevo Girón)	12:04:00	12:09:00	00:05:00	0.083	0.85	10.2
ABIERTO (N Girón-Girón)	12:09:00	12:13:00	00:04:00	0.067	2.60	39.0
URBANO(Girón)	12:13:00	12:35:00	00:22:00	0.367	4.30	11.7
ABIERTO(Girón-B/manga)	12:35:00	12:44:00	00:09:00	0.150	7.10	47.3
URBANO(B/manga)	12:44:00	13:21:00	00:37:00	0.883	11.00	12.5
ABIERTO(B/manga-Girón)	13:21:00	13:31:00	00:10:00	0.150	5.90	39.3
URBANO(Girón)	13:31:00	13:47:00	00:16:00	0.267	4.30	16.1
ABIERTO (Girón-N Girón)	13:47:00	13:53:00	00:06:00	0.267	2.60	9.75
URBANO (Nuevo Girón)	13:53:00	13:56:00	00:03:00	0.050	0.85	17
ABIERTO (N Girón-Terminal)	13:56:00	13:58:00	00:02:00	0.033	0.60	18

Cálculo de la velocidad operacional por tramo / RUTA 31						
Tramo	Longitud [Km]	NºP	Σ T atención [s]	Σ T atención hrs	Vmax [km/h]	V op(i) [Km/h]
ABIERTO (Terminal-N Girón)	0.60	1	15	0.0042	65	39.8
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	1	15	0.0042	25	21.3
ABIERTO (N Girón-Girón)	2.60	1	15	0.0042	65	56.7
URBANO(Girón)	4.30	5	75	0.0208	25	21.4
ABIERTO(Girón-B/manga)	7.10	3	45	0.0125	65	56.0
URBANO(B/manga)	11.00	14	210	0.0583	25	21.1
ABIERTO(B/manga-Girón)	5.90	2	30	0.0083	65	57.6
URBANO(Girón)	4.30	3	45	0.0125	25	22.7
ABIERTO (Girón-N Girón)	2.60	1	15	0.0042	65	57
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	2	30	0.0083	25	18.6
ABIERTO (N Girón-Terminal)	0.60	1	15	0.0042	65	40

Cálculo del desempeño ponderado / RUTA 31				
Tramo	Longitud [Km]	%	Desempeño %	D ponderado %
ABIERTO (Terminal-N Girón)	0.6	0.031	90.38	67.40
ABIERTO (N Girón-Girón)	2.6	0.134	68.75	
ABIERTO(Girón-B/manga)	7.1	0.366	84.49	
ABIERTO(B/manga-Girón)	5.9	0.304	68.29	
ABIERTO (Girón-N Girón)	2.6	0.134	17.19	
ABIERTO (N Girón-Terminal)	0.6	0.031	45.19	
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	0.040	47.80	61.5
URBANO(Girón)	4.3	0.202	54.86	
URBANO(B/manga)	11	0.516	59.06	
URBANO(Girón)	4.3	0.202	71.06	
URBANO (Nuevo Girón)	0.85	0.040	91.33	

Apéndice I. Formato ruta 32, estudios con los cálculos correspondientes.

Cálculo de la velocidad comercial por tramo / RUTA 32						
Tramo	Hora inicial	Hora final	Tiempo [min]	Tiempo [hrs]	Longitud [Km]	V c [Km/h]
ABIERTO(Terminal-Girón)	11:22:00	11:28:00	00:06:00	0.017	1.00	60
URBANO(Girón)	11:28:00	11:43:00	00:15:00	0.250	4.50	18.0
ABIERTO(Girón-B/manga)	11:43:00	11:50:00	00:07:00	0.117	6.00	51.4
URBANO(B/manga)	11:50:00	12:35:00	00:45:00	0.883	13.00	14.7
ABIERTO(B/manga-Girón)	12:35:00	12:44:00	00:09:00	0.150	6.00	40.0
URBANO(Girón)	12:44:00	13:04:00	00:20:00	0.333	1.90	5.7

Cálculo de la velocidad operacional por tramo / RUTA 32						
Tramo	Longitud [Km]	Nº P	Σ T atención [s]	Σ T atención hrs	Vmax [km/h]	V op(i) [Km/h]
ABIERTO(Terminal-Girón)	1.00	0	0	0.0000	65	65.0
URBANO(Girón)	4.50	2	30	0.0083	25	23.5
ABIERTO(Girón-B/manga)	6.00	1	15	0.0042	65	61.1
URBANO(B/manga)	13.00	8	120	0.0333	25	22.9
ABIERTO(B/manga-Girón)	6.00	1	15	0.0042	65	61.1
URBANO(Girón)	1.90	6	90	0.0250	25	17.1

Cálculo del desempeño ponderado / RUTA 32				
Tramo	Longitud [Km]	%	Desempeño %	D ponderado %
ABIERTO(Terminal-Girón)	1.00	0.077	92.31	76.12
ABIERTO(Girón-B/manga)	6.00	0.462	84.12	
ABIERTO(B/manga-Girón)	6.00	0.462	65.43	
URBANO(Girón)	4.50	0.232	76.67	64.0
URBANO(B/manga)	13.00	0.670	64.15	
URBANO(Girón)	1.90	0.098	33.30	