

Técnicas multivariantes para analizar la calidad percibida del servicio de autobuses públicos en Costa Rica

Henry Napoleón Hernández Vega
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Costa Rica

 <https://ror.org/04zhrfn38>

henhernandez@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-4765-7320>

Resumen

En ciudades cada vez más congestionadas y contaminadas es de suma importancia buscar retener a las personas usuarias del transporte público colectivo y procurar aumentar su uso, con el fin de que no aumenten los tiempos de viaje, emisiones y otras consecuencias derivadas del uso intensivo del automóvil de uso particular. Uno de los aspectos claves para lograrlo es gestionar la calidad del servicio del transporte público. Sin embargo, la medición de la calidad del servicio puede tener diversas aristas, puede ser compleja y se requiere de diferentes indicadores para poder evaluar el servicio brindado. Esto que puede dificultar aún más la gestión de un concepto ya de por sí complejo. El presente estudio demuestra como los árboles de decisión y las regresiones logística y multinomial permiten determinar variables que pueden afectar la calidad del servicio de transporte público. Adicionalmente, el presente estudio muestra las mejoras, en aspectos relacionados con la seguridad, tiempos de viaje y paradas de autobuses, que pueden generar progresos en la calidad del servicio de transporte público.

Palabras clave: Regresión logística, regresión multinomial, calidad del servicio del transporte público, árboles de decisión.

Notas de autor

* Ingeniero Civil. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Magíster en Ciencias (Ingeniería Civil). University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba, Canadá.

Multivariate techniques for analyzing the perceived quality of public bus service in Costa Rica

Abstract

In increasingly congested and polluted cities, it is of utmost importance to retain public transport users and seek to increase its use, so as to prevent an increase in travel times, emissions and other consequences derived from intensive use of private cars. One of the key aspects for achieving this is to manage the quality of public transport service. However, measuring service quality can be multifaceted and complex, requiring different indicators to evaluate the service provided. This can make managing an already complex concept even more difficult. This study demonstrates how Decision Tree Algorithm and logistic and multinomial regressions can be used to determine variables that may affect the quality of public transportation services. In addition, this study shows improvements in aspects related to safety, travel times and bus stops, which can lead to progress in the quality of public transport services.

Keywords: logistic regression, multinomial regression, transit quality of service, Decision Tree Algorithm

Recibido: 02-09-2025.

Aceptado: 26-02-2026.

Introducción

Una adecuada gestión de cualquier servicio requiere entender a fondo la percepción de la calidad de este. Existe la posibilidad de que esta percepción se encuentre afectada por características socioeconómicas de las personas que lo reciben. Esto representa un aspecto relevante con servicios públicos que se encuentran en competencia como el transporte público, que compite con el transporte particular en el uso de las vías y en la atracción de pasajeros. Entender los factores exógenos que afectan la experiencia de la persona usuaria puede ser relevante para analizar la calidad percibida y así poder generar políticas públicas que procuren brindar una mejor experiencia a ciertos grupos de la población.

En Costa Rica esto es de especial importancia ya que existen altos niveles de congestión en la Gran Área Metropolitana; por ejemplo, en el cantón central de San José, un 85 % de las vías presentan congestión durante el periodo pico de la mañana (Gómez y Cubero, 2019).

De acuerdo con Hernández y Jiménez (2018), la congestión vehicular genera pérdidas económicas a la sociedad costarricense y la situación se ha venido agravando con el paso del tiempo. Los autores referenciados también mencionan diferentes afectaciones a la salud de la población debido al uso intensivo del vehículo automotor.

Por otro lado, el transporte público puede brindar beneficios en la movilidad urbana ya que de acuerdo con Ortúzar (2000) el área por pasajero es mucho menor en transporte público colectivo que la utilizada por un pasajero en vehículo privado. También las emisiones son menores por pasajero al utilizar el transporte público (Schipper et al., 2011).

De acuerdo con la Contraloría General de la República (2018), en Costa Rica la cantidad de viajes en transporte público ha venido disminuyendo. Además, indica que el servicio de transporte público es de mala calidad. Por otro lado, el Transportation Cooperative Research Program (2013) indica que mantener una buena calidad del servicio es fundamental para retener usuarios. Eboli y Mazzulla (2011) mencionan que considerar la percepción de la calidad del servicio recibido es un aspecto clave para evaluar el desempeño de un servicio de transporte público. Adicionalmente, Friman y Felleson (2009) y Allen et al. (2018) especifican que es necesario identificar cuales aspectos son los más relevantes para las personas usuarias.

La calidad del servicio en el sector transporte no se puede limitar a un único indicador y diferentes indicadores pueden dar diferentes aristas del servicio brindado (Litman, 2003). Por ejemplo, Allen et al. (2020) indican que existen pocos estudios relacionados con la influencia que tienen aspectos operacionales en la percepción del servicio de los usuarios de transporte público.

En Costa Rica, se han realizado esfuerzos por evaluar el desempeño del servicio de transporte público, como los realizados por Abarca (2013) para documentar la percepción de los usuarios del servicio del tren, los de Chaves y Hernández (2015) para evaluar el servicio de autobuses para trasladar estudiantes de la Universidad de Costa Rica y los realizados por Hernández y Jiménez. (2018) o la Contraloría General de la República (2018).

Dell'Olio et al. (2011) indican que diferentes grupos de la sociedad tienen diferentes percepciones del transporte público. Por otro lado, Abenoza et al. (2017) encontraron diferencias entre usuarios de zonas urbanas y rurales y entre las percepciones de estudiantes y otros usuarios.

Adicionalmente, Chia et al. (2016) encontraron que las percepciones respecto a la calidad de sus caminatas para acceder al transporte público pueden variar de acuerdo con el grupo socioeconómico al que pertenece una persona. Otro ejemplo corresponde al estudio de Mesbah et al. (2022) en donde consideraron, de manera adicional, aspectos de los viajes y de las personas para analizar su influencia en la percepción de la calidad de servicio brindado. Los autores encontraron que aspectos socioeconómicos de los pasajeros pueden incidir en la percepción de la calidad del servicio.

En los últimos años se han generado en América Latina diferentes estudios que se enfocan en estudiar la calidad del servicio del transporte público (Ibarra et al., 2017; Morocho y Rodríguez, 2019; Valdez et al., 2019; Carbajal y Molla, 2021; Naranjo y Caisa, 2023).

El objetivo del presente estudio consiste en aplicar diferentes técnicas multivariantes como árboles de decisión, regresión logística y regresión multinomial para identificar factores que pueden afectar la percepción de la calidad del servicio de transporte público.

Los métodos basados en árboles son simples y útiles para la interpretación. Rivero (2022) indica que es una de las técnicas de aprendizaje supervisado más utilizadas. Cardona (2004) indica que una de las ventajas de este método es su fácil interpretación y su efectividad. Por ejemplo, la aplicación de árboles de decisión en el estudio de Araoz et al. (2023) obtuvo una precisión superior al 90 % y en el estudio de Origel et al. (2020) los resultados obtenidos utilizando árboles de decisión fueron superiores a los logrados por medio de redes neuronales.

Los árboles de decisión se pueden aplicar tanto a problemas de regresión como de clasificación (James et al., 2023). Se puede decir que es un modelo de regresión simplificado con variables “*dummies*” explicativas. Al momento de generar la estratificación de las variables en dos categorías, lo que se genera es una estratificación del espacio donde se encuentran las variables y se trata de que dentro de cada estrato se encuentren los valores más similares entre sí y lo más diferentes posibles entre estratos. La metodología divide el espacio en rectángulos y se agrupan las respuestas con el objetivo de encontrar un valor mínimo de suma de diferencias de cuadrados respecto al promedio de las observaciones dentro de cada rectángulo.

Generar y comparar todos los posibles rectángulos puede ser un reto computacional. Por lo que el método va seccionando los datos en mitades considerando cada una de las variables disponibles. Se inicia escogiendo un predictor y se busca el punto de corte que minimice, no la suma de cuadrados, sino que minimice la tasa de errores de clasificación.

Una vez que se encuentra la primera división se procede a buscar la siguiente división dentro de los rectángulos obtenidos y así sucesivamente. El proceso sigue hasta que se cumpla algún criterio predefinido. Por ejemplo, no se pueden tener rectángulos con menos de cinco observaciones. Si se tienen más variables, el ejercicio se puede hacer en más dimensiones.

Para un árbol de clasificación, predecimos que cada observación pertenece a la clase de entrenamiento que ocurre más comúnmente, observaciones en la región a la que pertenece. Al interpretar los resultados de un árbol de clasificación, a menudo interesa, no sólo en la predicción de clases correspondiente a una región de nodo terminal particular, sino también en la clase de proporciones entre las observaciones de entrenamiento que caen en esa región.

Dentro de las ventajas de usar árboles de decisión se tiene que al minimizar el error lo que buscamos es maximizar la proporción de observaciones de una misma categoría en una misma región. Además, es fácil de entender e interpretar y puede manejar tanto variables continuas como categóricas. Se requiere un pre-procesamiento mínimo de los datos. Los árboles de decisión pueden utilizarse para seleccionar características e identificar variables importantes. Dentro de sus desventajas se encuentra que es propenso al sobreajuste, es un método sensible a pequeños cambios en los datos. Adicionalmente, los modelos de árboles de decisión no suelen ser tan precisos como otros métodos de aprendizaje automático. Sin embargo, pueden servir como buen punto de partida o modelo de referencia para comparar con métodos más sofisticados (Datacamp, 2024).

Por otro lado, la expresión matemática de un modelo de regresión logística binaria permite estimar la probabilidad de obtener un valor determinado en una variable dicotómica (Hernández, 2013). Además, los modelos de regresión logística se utilizan principalmente como una herramienta de análisis e inferencia de datos, donde el objetivo es comprender el papel de las variables de entrada (Hastie et al., 2008). Adicionalmente, el modelo logit multicategoría para variables de respuesta nominal utiliza simultáneamente

todos los pares de categorías especificando las probabilidades de resultado en una categoría en lugar de otra (Agresti, 2019).

Metodología

La Figura No. 1 muestra el detalle de las fases ejecutadas, donde se aplican diferentes modelos multivariados a una base de datos de percepción de calidad de servicio. Una vez aplicados los modelos se determinan los factores que inciden, con significancia estadística, en la percepción de la calidad del servicio.



Figura 1. Diagrama simplificado de las fases ejecutadas.

Para el presente estudio se utilizaron los datos de la encuesta de calidad de servicios públicos aplicada por la Contraloría General de la República de Costa Rica en el año 2018 y la misma se enfocó en el análisis de posibles características de la población que puedan afectar la percepción de la calidad del servicio de transporte público. La encuesta se realizó de manera telefónica de manera aleatoria y la población de interés corresponde a personas ciudadanas costarricenses mayores de 18 años (Contraloría General de la República, 2018).

Se cruzó la percepción de la calidad recibida con algunas características de la población como la edad, nivel educativo, y tenencia de los siguientes elementos en el hogar:

- Teléfono fijo
- Teléfono celular
- Vehículo propio
- Internet
- Agua caliente para toda la casa
- Servicio doméstico
- Casa propia

Además, en el análisis se incluyeron preguntas relacionadas con el estado en general de las calles, el mantenimiento que se les da, la señalización, el estado de las aceras, el estado de las paradas de buses, la iluminación, el tránsito en las carreteras y la seguridad cuando se viaja.

Seguidamente, se procedió a limpiar la base de datos eliminando las entradas que contenían respuestas del tipo no sé o no respondo o no aplica de la evaluación de los datos a analizar.

Una vez lista la base de datos se aplicaron tres modelos multivariados: árboles de decisión, regresión logística y regresión multinomial. Una vez aplicados los modelos se determinaron los factores que pueden incidir en la calidad del servicio de transporte público.

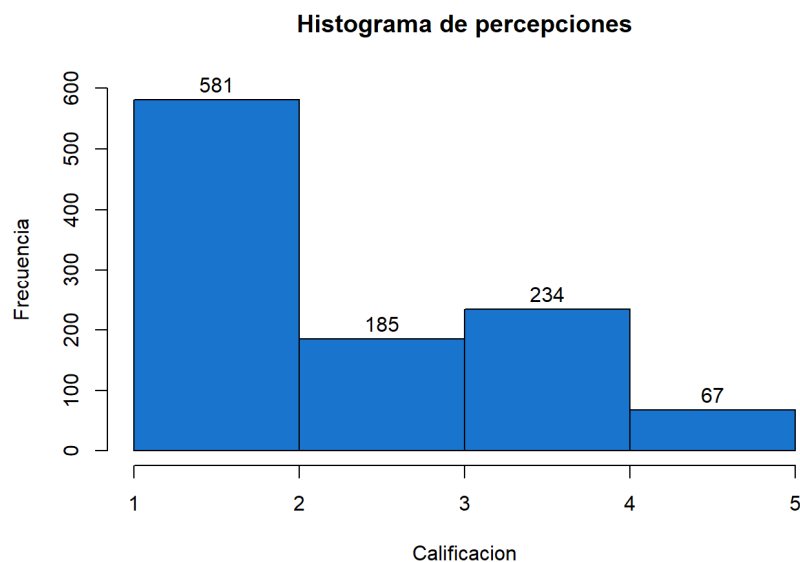
Resultados

Las variables utilizadas con código B, al igual de la variable C19 calidad del servicio de transporte público, califican variables relacionadas con las vías en una escala de Likert que va del 1 al 5 siendo las categorías muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno. Las variables tipo H corresponden a 1 cuando tienen elementos en el hogar y 2 cuando no los tienen. La caracterización de las variables utilizadas en el estudio se muestra en el Cuadro No. 1.

Cuadro 1. Caracterización de las variables utilizadas en el análisis

Código	Variable	Min.	1 Cuart.	Mediana	Promedio	3 Cuart.	Max.
B1	Estado vías	1.000	1.000	2.000	2.31	3.000	5.000
B2	Mantenimiento vías	1.000	1.000	2.000	2.252	3.000	5.000
B3	Señalización	1.000	2.000	3.000	2.706	4.000	5.000
B4	Estado de aceras	1.000	1.000	2.000	2.328	3.000	5.000
B5	Estado paradas de buses	1.000	2.000	3.000	2.811	4.000	5.000
B6	Iluminación	1.000	2.000	3.000	3.113	4.000	5.000
B7	Tránsito carreteras	1.000	1.000	1.000	1.851	2.000	5.000
B8	Seguridad cuando viaja	1.000	2.000	3.000	2.949	4.000	5.000
H1	Teléfono residencial	1.000	1.000	1.000	1.469	2.000	2.000
H2	Teléfono celular	:1.00	1.000	1.000	1.03	1.000	2.000
H3	Vehículo propio	1.000	1.000	1.000	1.321	2.000	2.000
H4	Conexión a internet no del celular	1.000	1.000	1.000	1.304	2.000	2.000
H5	Agua caliente	1.000	1.000	2.000	1.676	2.000	2.000
H6	Servicio doméstico	1.000	2.000	2.000	1.809	2.000	2.000
H7	Casa propia	1.000	1.000	1.000	1.253	2.000	2.000
C19	Calidad servicio	1.000	2.000	2.000	2.754	4.000	5.000
SEXO	Sexo	1.000	1.000	2.000	1.513	2.000	2.000
G2	Edad	18.00	30.00	41.00	42.78	55.00	85.00

Se observó que la mayoría de las personas indicó que tenían una mala o muy mala percepción del transporte público (categorías 1 y 2 que obtuvieron 581 respuestas) a estas categorías se les codificó como malas y a las otras como no malas (categorías 3, 4 y 5 que obtuvieron 185, 234 y 67 respuestas) (ver Figura No. 2).

**Figura 2.** Histograma de las percepciones del transporte público.

Nota: Las calificaciones están en una escala Likert que va 1 muy malo a 5 muy bueno.

Posteriormente, se realizó una regresión logística obteniendo los resultados que se muestran en el Cuadro No. 2. El análisis realizado muestra que la tenencia de casa propia y servicio doméstico incide en la percepción de la calidad del servicio de transporte público, aunque los coeficientes tienen diferente signo. También se observa como el estado de las vías, la señalización, el estado de las paradas, la iluminación y la seguridad cuando se viaja inciden en la percepción del transporte público. Se recuerda que para una mejor interpretación de los coeficientes es recomendable elevarlos a un exponencial.

Cuadro 2. Resultados de la regresión logística aplicada para clasificar la calidad del servicio en buena o mala.

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Valor z	Pr(> z)	
(Intercepto)	-3.65893	0.49201	-7.437	1.03e-13	***
B1	0.22797	0.06567	3.472	0.000517	***
B3	0.15226	0.06866	2.218	0.026571	*
B5	0.19180	0.06909	2.776	0.005501	**
B6	0.17095	0.07211	2.371	0.017763	*
B8	0.34316	0.06684	5.134	2.83e-07	***
H6	0.72244	0.18619	3.880	0.000104	***
H7	-0.37661	0.16570	-2.273	0.023038	*

Se realizó el análisis VIF para verificar que no existe correlación entre las variables independientes y se encontró que los valores no superan el valor de 1.19 por lo que se determinó que no hay correlación entre las variables independientes (B1 = 1.116564, B3 = 1.195942, B5 = 1.176034, B6 = 1.185603, B8 = 1.084278, H6 = 1.013801 y H7 = 1.016728).

Inicialmente se realiza una aplicación de la regresión multinomial para la caracterización de malo o no malo y se obtienen los mismos resultados que para la regresión logística.

Cuadro 3. Resultados de la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en buena o mala.

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Valor z	Pr(> z)	
(Intercepto)	-3.65893	0.49201	-7.437	1.03e-13	***
B1	0.22797	0.06567	3.472	0.000517	***
B3	0.15226	0.06866	2.218	0.026571	*
B5	0.19180	0.06909	2.776	0.005501	**
B6	0.17095	0.07211	2.371	0.017763	*
B8	0.34316	0.06684	5.134	2.83e-07	***
H6	0.72244	0.18619	3.880	0.000104	***
H7	-0.37661	0.16570	-2.273	0.023038	*

Para realizar el análisis multinomial se decidió mantener las mismas variables explicativas que para la regresión logística. Además, el nivel base utilizado es el 1 que corresponde a la categoría muy malo, por lo que la regresión multinomial se utiliza para los niveles 2, 3, 4 y 5.

Cuadro 4. Coeficientes de la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en cinco categorías

	Intercepto	B1	B3	B5	B6	B8	H6	H7
2	-0.01627518	0.04498215	-0.02875563	0.24654201	0.049243345	0.02903334	0.561839418	0.3436061
3	1.78403221	-0.05945087	-0.16346111	0.15345800	-0.004506443	-0.31050506	0.004962058	0.5472228
4	3.43981487	-0.21870289	-0.16451025	-0.02546039	-0.170628402	-0.30499848	-0.291774736	0.8494689
5	5.56806214	-0.76417675	-0.27884295	-0.22909069	-0.360394190	-0.40324435	-0.654867465	0.5323200

Cuadro 5. Errores estándar de los coeficientes de la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en cinco categorías.

	Intercepto	B1	B3	B5	B6	B8	H6	H7
2	1.135073	0.1451402	0.1580614	0.1559667	0.1676479	0.1562689	0.4050269	0.4325172
3	1.192815	0.1571099	0.1693517	0.1676739	0.1791017	0.1664147	0.4299356	0.4565589
4	1.161439	0.1564001	0.1667724	0.1654132	0.1750057	0.1635539	0.4187185	0.4479483
5	1.351258	0.2348907	0.2086135	0.2098985	0.2082227	0.1966636	0.4900133	0.5380217

Cuadro 6. Valores Z de los coeficientes de la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en cinco categorías.

	Intercepto	B1	B3	B5	B6	B8	H6	H7
2	-0.01433844	0.3099220	-0.1819270	1.5807354	0.29373078	0.1857909	1.3871656	0.7944334
3	1.49564884	-0.3784032	-0.9652167	0.9152169	-0.02516136	-1.8658517	0.0115414	1.1985809
4	2.96168310	-1.3983550	-0.9864359	-0.1539200	-0.97498743	-1.8648197	-0.6968279	1.8963548
5	4.12064929	-3.2533294	-1.3366490	-1.0914354	-1.73081154	-2.0504267	-1.3364279	0.9894024

Cuadro 7. Valores P de los coeficientes de la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en cinco categorías.

	Intercepto	B1	B3	B5	B6	B8	H6	H7
2	9.885600e-01	0.756620302	0.8556400	0.1139385	0.76896363	0.85260872	0.1653913	0.42694318
3	1.347452e-01	0.705131115	0.3344363	0.3600778	0.97992626	0.06206212	0.9907915	0.23069095
4	3.059625e-03	0.162006476	0.3239193	0.8776728	0.32956650	0.06220668	0.4859105	0.05791315
5	3.778062e-05	0.001140612	0.1813372	0.2750813	0.08348538	0.04032281	0.1814095	0.32246629

La mayoría de las variables explicativas utilizadas son significativas por lo menos para una categoría del nivel de servicio. En este análisis resaltan las variables B6 y B8, que corresponden a iluminación y seguridad respectivamente, que tienen valores p menores a 0.1 para la categoría 5 que corresponde a una calificación de servicio muy buena.

Al observar las predicciones realizadas por el modelo se observa que se tiene un desempeño regular ya que el porcentaje de aciertos corresponde al 53 % de las observaciones. La principal categoría de observaciones acertadas corresponde a la Categoría 2; sin embargo, esta categoría también es la que tiene una mayor cantidad de observaciones en general.

Cuadro 8. Predicciones realizadas utilizando la regresión multinomial aplicada para clasificar la calidad del servicio en cinco categorías

Observadas	Calificaciones Predichas				
	1	2	3	4	5
1	0	29	0	11	1
2	0	426	0	33	2
3	0	131	0	28	2
4	0	135	0	65	2
5	0	24	0	31	2

Finalmente, se aplicó la técnica de árboles de decisión obteniendo los resultados que se muestran en la Figura No. 3. Se recuerda que la pregunta C19, calificación del transporte público, se categorizó de la siguiente manera valor 0 para las respuestas: Muy bueno y Bueno y un valor de 1 para las opciones Regular, Malo y Muy malo. Para aplicar la técnica, se utilizó un 70 % de los datos para entrenamiento y 30 % para pronóstico. Con el 30 % de los datos para pronóstico se determinó que el método de árboles de decisión tuvo un acierto del 66.1 %.

El análisis realizado separa inicialmente a las personas que opinaron que en los últimos años el servicio de transporte público ha mejorado, respecto a las que respondieron que ha empeorado o se ha mantenido igual (opciones de la pregunta A2: 1. Mejorado 2. Se ha mantenido igual 3. Ha empeorado).

Se observa como 160 de las 210 personas que indicaron que el transporte público ha mejorado, califican como bueno el servicio. Por otro lado, 45 de las 50 personas (90 %) que indicaron que el transporte público no da un buen servicio, no consideran que el estado de las calles es bueno o muy bueno, y 101 de las 160 personas (63 %) no que consideran que el estado de las calles es bueno o muy bueno.

De las 442 personas que respondieron que el transporte público ha empeorado, o se ha mantenido igual, 251 personas percibieron mal servicio de transporte público. De estas 442 personas, 169 indicaron tener buena o muy buena seguridad cuando viajan (pregunta B8), y, de estas últimas, 104 personas calificaron bien el servicio. Caso contrario, 186 de las 273 personas (68 %) que no tienen buena seguridad cuando viajan calificaron mal al transporte público. Otros aspectos que pueden afectar el servicio brindado pueden ser el estado de las paradas (pregunta B5), el tránsito en carretera (pregunta B7) y si el tiempo de viaje era excesivo (pregunta A6 = 3) o no.

Otras variables que podrían afectar la percepción del transporte público podrían estar relacionadas con variables socioeconómicas como tener servicio doméstico en la casa (pregunta H6), con la edad (pregunta G2) o residir fuera de la provincia de San José.

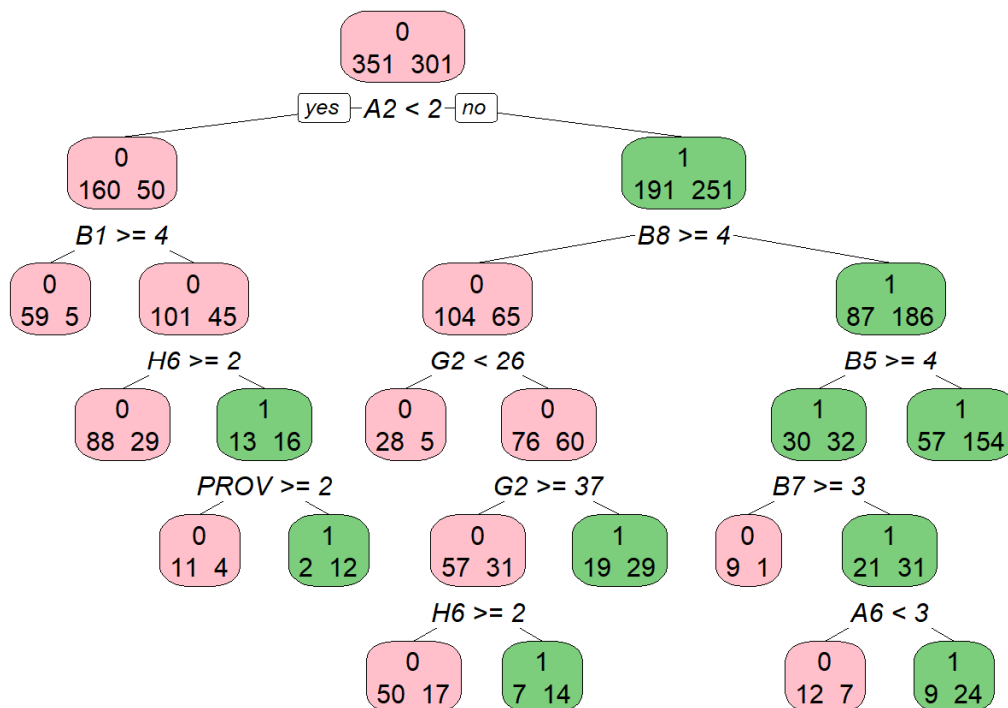


Figura 3. Resultados de la aplicación de árboles de decisión para clasificar la calidad del servicio en buena o mala.

Discusión de resultados

Los resultados muestran cierta diferenciación principalmente por las personas que cuentan con casa propia y servicio doméstico. También hay aspectos relacionados con la percepción de seguridad cuando se viaja, el estado de las paradas de autobuses y el tiempo de viaje que podrían afectar la percepción del servicio de transporte brindado.

Resulta interesante observar cómo aspectos que no son responsabilidad directa de los operadores de las rutas de transporte público en Costa Rica, como el estado de las vías, la iluminación pública, la señalización vial y el estado de las paradas, inciden en la calidad de servicio percibida por las personas usuarias. Por tanto, la consideración de estos aspectos externos a los prestadores del servicio, podrían ser incorporados al momento de interpretar los resultados de las evaluaciones periódicas que se realizan a las empresas de transporte público en Costa Rica.

Conclusiones

El presente estudio demuestra como las regresiones logística y multinomial permiten determinar factores que pueden afectar la calidad del servicio de transporte público que puede tener una gran cantidad de perspectivas e indicadores.

A pesar de la importancia del transporte público en Costa Rica, donde en la Gran Área Metropolitana transportan a más de un millón de pasajeros todos los días, las investigaciones relacionadas con el transporte público en el país son insuficientes y las iniciativas por investigar la relación entre los componentes de la calidad del servicio de transporte público son más escasas todavía, por lo que es necesario realizar mayores esfuerzos que procuren una modernización del sistema de transporte público en el país.

La calidad de las vías y la señalización son aspectos que pueden incidir en la calidad del servicio de transporte público. Adicionalmente, el presente estudio muestra que mejoras en aspectos relacionados con la seguridad, calidad de la vía y la iluminación pueden generar progresos en la calidad del servicio brindado.

Es posible sugerir que los planes de gestión de infraestructura vial prioricen el mantenimiento de las vías y la iluminación de estas ya que pueden generar efectos positivos en la percepción del servicio de autobuses de un municipio, ciudad, región o país.

Por otro lado, este estudio podría ser el punto de partida para investigaciones más detalladas sobre cuáles indicadores del estado de la vía, tales como el índice de condición de pavimentos o el índice de regularidad superficial; inciden en la percepción del servicio de transporte público. Aspectos relacionados con la incidencia de la condición socioeconómica de la persona encuestada en la percepción del viaje pueden ser estudiados con mucho más detalle en estudios futuros.

Bibliografía

- Abarca, A. (2013). Percepción de los usuarios del servicio de transporte tren, Costa Rica, mayo de 2012. *Revista de Ciencias Económicas*, 31(1), 169-179.
- Abenoza, R.; Cats, O. & Susilo, Y. (2017). Travel satisfaction with public transport: Determinants, user classes, regional disparities and their evolution. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 64-84.
- Agresti, A. (2019). *An introduction to categorical data analysis*. EEUU: John Wiley & Sons.
- Allen, J.; Muñoz, J. & Ortúzar, J. (2018). Modelling service-specific and global transit satisfaction under travel and user heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 509-528.
- Allen, J.; Muñoz, J. & Ortúzar, J. (2020). On the effect of operational service attributes on transit satisfaction. *Transportation*, 47(5), 2307-2336.
- Araoz, L.; Huaracha, W.; Quispe, V. & Turpo, A. (2023). Aplicación de árboles de decisión para la identificación de adaptabilidad de estudiantes en educación online. *Innovation and Software*, 4(2), 166-181.
- Carbajal, O. & Molla, D. (2021). Percepción de la calidad de servicio y satisfacción del cliente en el transporte público urbano: El caso del Metropolitano en Lima [Trabajo de grado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. Recuperado de: <https://tesis.pucp.edu.pe/items/6339fa22-22cc-4cf5-96ee-c1d8968591e1>
- Cardona, P. (2004). Aplicación de árboles de decisión en modelos de riesgo crediticio. *Revista Colombiana de estadística*, 27(2), 139-151.
- Chaves, G. & Hernández, H. (2015). Desempeño y calidad de servicio de autobuses externos de la Universidad de Costa Rica. *Revista Infraestructura Vial*, 17(30), 13-22.
- Chia, J.; Lee, J. & Kamruzzaman, M. (2016). Walking to public transit: Exploring variations by socioeconomic status. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10(9), 805-814.
- Contraloría General de la República (2018). *Encuesta Nacional de Percepción de los Servicios Públicos realizada por la Contraloría General de la República (CGR)*. Costa Rica.
- Datacamp (2024). *Árboles de decisión en aprendizaje automático con R. Una guía completa para construir, visualizar e interpretar modelos de árboles de decisión con R* [Documento en línea]. Recuperado de: <https://www.datacamp.com/es/tutorial/decision-trees-R>
- Dell'Olio, L.; Ibeas, A. & Cecin, P. (2011). The quality of service desired by public transport users. *Transport Policy*, 18(1), 2.
- Eboli, L. & Mazzulla, G. (2011). A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transport Policy*, 18(1), 172-181.
- Friman, M. & Felleson, M. (2009). Service supply and customer satisfaction in public transportation: The quality paradox. *Journal of Public transportation*, 12(4), 57-69.
- Gómez, S. & Cubero, M. (2019). *Congestión vial de los cantones en Costa Rica*. Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible [Documento en línea]. Recuperado de: <https://repositorio.conare.ac.cr/items/142f5506-7442-4d64-aeed-3932eff0e056>
- Hastie, T.; Tibshirani, R. & Friedman, J. (2008). *The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction*. Vol. 2. New York: Springer.
- Hernández, Ó. (2013). Temas de análisis estadístico multivariante. *San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica*.

- Hernández, H. & Jiménez, D. (2018). *Movilidad peatonal y en bicicleta en Costa Rica*. Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible [Documento en línea]. Recuperado de: <https://repositorio.conare.ac.cr/items/6ef788d1-ee1e-4c81-be47-b104430940ba>
- Ibarra, L.; Romero, N. & Paredes, D. (2017). La calidad del servicio en el sistema de transporte público y su impacto en la satisfacción del usuario. *Innovaciones de negocios*, 14(28), 263-286.
- James, G.; Witten, D.; Hastie, T. & Tibshirani, R. (2023). *An introduction to statistical learning: With applications in Python*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Hernández, H.; Jiménez, D. & Loría, L. (2019). *Percepción del usuario de la calidad del servicio de bus externo de la Universidad de Costa Rica*. Costa Rica: Unidad de Seguridad Vial y Transporte LanammeUCR. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1764>
- Litman, T. (2003). Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility. *ITE journal*, 73 (10), 28–32.
- Mesbah, M.; Sahraei, M.; Soltanpour, A. & Habibian, M. (2022). Perceived service quality based on passenger and trip characteristics: A structural equation modeling approach. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 23, 100340.
- Morocho, A. & Rodríguez, J. (2019). *La calidad de servicio del transporte público urbano en la ciudad de Azogues* [Proyecto Técnico]. Universidad Politécnica Salesiana. Perú. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17313/1/UPS-CT008257.pdf>
- Naranjo, L. & Caisa, E. (2023). Calidad del servicio y satisfacción del usuario del transporte público de la provincia de Tungurahua. *Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(36), 1.
- Origel, C.; Rendón, E.; Abundez, I. & Alejo, R. (2020). Redes neuronales artificiales y árboles de decisión para la clasificación con datos categóricos. *Research in Computing Science*, 149(8), 541-554.
- Ortúzar, J. (2000). *Modelos de demanda de transporte*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Rivero, F. (2022). Árbol de Decisión en Aprendizaje Automático. *Revista Varianza*, 19, 39-46.
- Rodríguez, A. (2013). Percepción de los usuarios del servicio de transporte tren, Costa Rica, mayo de 2012. *Revista de Ciencias Económicas*, 31(1).
- Schipper, L.; Saenger, C. & Sudardshan, A. (2011). Transport and carbon emissions in the United States: the long view. *Energies*, 4(4), 563-581.
- Transit Cooperative Research Program (2013). *Report 165. Transit Capacity and Quality of Service Manual*. Washington: Transportation Research Board. Recuperado de: <https://www.nationalacademies.org/read/24766>
- Valdez, E.; Saca, I.; Guevara, J. & Aybar, J. (2019). Calidad en el servicio al cliente en el transporte público urbano en la provincia del Cusco [Tesis de Grado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. Recuperado de: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/876bf421-a83e-4052-9395-af7105cd4026/content>

Henry Napoleon Hernandez Vega

Técnicas multivariantes para analizar la calidad percibida del servicio de autobuses públicos en Costa Rica

Compendium

vol. 28, núm. 55, 2, 2025

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado,

República Bolivariana de Venezuela

compendium@ucla.edu.ve

ISSN: 1317-6099 **ISSN-E:** 2477-9725

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18806467>



CC BY-NC-ND 4.0 LEGAL CODE

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialSinDerivar 4.0 Internacional.