

Exploración de la integración de parámetros socioeconómicos en la gestión de infraestructura vial

Exploring the integration of socioeconomic parameters in road infrastructure management

Catherine Espinoza¹, Aleli Osorio², Felipe Araya³

¹ Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile, catherine.espinoza@sansano.usm.cl

² Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile, aleli.osorio@usm.cl

³ Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile, felipe.araya@usm.cl

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historial del
artículo:

Recibido
14-11-2023
Aceptado
03-12-2024
Publicado
30-04-2025

Palabras Clave:
Infraestructura vial
Indicadores
socioeconómicos
Gestión sostenible

Article history:

Received
14-11-2023
Accepted
03-12-2024
Available
30-04-2025

Keywords:
Road
infrastructure
Socioeconomic
indicators
Sustainable
management

Resumen

La Gestión de Infraestructura Vial, actualmente se enfrenta al desafío de desarrollar sistemas de gestión sostenibles, lo que no sólo contempla aspectos técnicos y económicos, como tradicionalmente suele considerarse, sino que también se deben contemplar otras dimensiones claves: aspectos ambientales, sociales, financieros, políticos e institucionales. Existe un amplio desarrollo investigativo respecto a criterios técnico-económicos para la toma de decisiones y de estudios enfocados en criterios medioambientales, sin embargo, es necesaria mayor investigación respecto de la dimensión social. El presente estudio analiza la existencia de asociación estadística entre la necesidad de mantenimiento de infraestructura vial—i.e., caminos— e indicadores socioeconómicos: ingreso promedio del hogar, cantidad de establecimientos educacionales por cada mil habitantes y cantidad de establecimientos de salud por cada mil habitantes. Para determinar esta relación se realizan pruebas de independencia cuyos resultados indican si existe o no una asociación estadísticamente significativa entre las variables en estudio. Se realiza el análisis a nivel comunal en 26 rutas de la Red Vial Nacional distribuidas en regiones de la zona norte, centro y sur de Chile, para los años 2017 y 2021. Una vez establecidas las rutas que presentan asociación significativa entre las variables, se estudian las tendencias de estas relaciones. Los resultados arrojan variación entre las asociaciones de un mismo indicador socioeconómico dependiendo de la zona geográfica del país. Estos resultados pueden llegar a ser útiles para priorizar el mantenimiento de manera estandarizada tanto a nivel de proyecto como a nivel de red.

Abstract

Road Infrastructure Management is currently facing the challenge of developing sustainable management systems, which not only contemplates technical and economic aspects, as traditionally considered, but also other key dimensions: environmental, social, financial, political and institutional aspects. There is ample research on technical-economic criteria for decision-making and studies focused on environmental criteria; however, more research is needed on the social dimension. The present study analyzes the existence of a statistical association between the need for road infrastructure maintenance -i.e., roads- and socioeconomic indicators: average household income, number of educational facilities per thousand inhabitants and number of health facilities per thousand inhabitants. To determine this relationship, tests of independence are carried out, the results of which indicate whether or not there is a statistically significant association between the variables under study. The analysis is performed at the communal level in 26 routes of the National Road Network distributed in regions of northern, central and southern Chile, for the years 2017 and 2021. Once the routes with significant associations between the variables have been established, the trends of these relationships are studied. The results show variation between the associations of the same socioeconomic indicator depending on the geographical area of the country. These results may be useful for prioritizing maintenance in a standardized manner at both the project and network levels.

* Corresponding author at: Rodrigo Winkler, Dirección de Vialidad, Santiago, Chile.

E-mail address; rodrigo.winkler@mop.gov.cl

RIOCI

journal homepage: <https://rioc.ufro.cl/index.php/rioc/index>

Vol. 13, no. 01, pp. 1–10, Abril 2025

1. Introducción.

La Gestión de Infraestructura Vial, tradicionalmente considera aspectos técnicos y económicos para la evaluación y planificación de alternativas de mantenimiento, los que básicamente consideran un análisis costo-beneficio de las acciones de mantenimiento según indicadores del estado del pavimento. Actualmente, esta disciplina se enfrenta al desafío de desarrollar sistemas de gestión sostenibles, lo que no sólo contempla aspectos técnicos y económicos, sino que también, las siete dimensiones claves a lo largo del ciclo de vida, estos son: aspectos técnicos, económicos, ambientales, sociales, financieros, políticos e institucionales (SADC, Guideline on Low volume Sealed Roads, 2003). En la literatura, cuando se habla de sostenibilidad se destaca la dimensión medioambiental por sobre las dimensiones económicas y sociales, con el argumento de que la sociedad y la economía son subsistemas del medio ambiente (Weerakoon, 2013).

Diversos estudios sugieren la necesidad de desarrollar investigaciones para la incorporación de aspectos socioeconómicos (Jones & Lucas, 2012; Mihyeon Jeon & Amekudzi, 2005; Torres-Machi et al., 2019), mientras que, Godoy et al. (2015) ha avanzado en la incorporación formal de criterios de tipo sociopolítico en la Gestión de Infraestructura Vial en Chile. Bajo estas circunstancias, Varas et al. (2021) desarrollan un estudio donde se analiza la red interurbana no concesionada de la región Metropolitana de Santiago de Chile, y determina la asociación entre la necesidad de mantenimiento de las rutas con distintos indicadores socioeconómicos, con el fin de incorporar un criterio adicional en la toma de decisiones, con enfoque social. Los factores socioeconómicos considerados son: ingreso promedio, cantidad de establecimientos educacionales por cada mil habitantes y cantidad de establecimientos de salud por cada mil habitantes. Si bien el estudio de Varas et al. (2021) impulsa la búsqueda de nuevos criterios para el desarrollo de gestión sostenible de infraestructura vial, sus hallazgos se limitan solo a la región Metropolitana de Chile, siendo necesario

también explorar la influencia de estos factores en el resto del país.

Siguiendo con la línea investigativa de Varas et al. (2021), el presente estudio extiende el análisis exploratorio de la posible asociación entre dichos factores socioeconómicos y la necesidad de mantenimiento de las rutas de la Red Vial Nacional de las regiones de la zona norte, centro y sur de Chile con el fin de obtener resultados a nivel país. Además, dicho análisis, se lleva a cabo para dos años en los que se cuenta con base de datos de mantenimiento vial: 2017 y 2021.

En las siguientes secciones se presentan: la metodología empleada en el desarrollo del estudio, los resultados obtenidos con el respectivo análisis y las conclusiones más relevantes de la investigación.

2. Metodología

El caso de estudio de la presente investigación corresponde a los caminos pavimentados no concesionados de la Red Vial Nacional que están bajo la tuición de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP), excepto los de la Región Metropolitana. La Red Vial Nacional se compone del total de kilómetros de Caminos Nacionales, Caminos Regionales Principales, Caminos Regionales Provinciales, Caminos Regionales Comunes y Caminos Regionales de acceso.

La metodología de análisis se lleva a cabo por medio de pruebas de independencia estadística, buscando determinar la existencia de una asociación entre cada indicador socioeconómico y la necesidad de mantenimiento de los caminos. Por lo tanto, para cada ruta, se tienen tres pruebas de independencia, cuyas variables son:

1. Necesidad de mantenimiento v/s Ingreso.
2. Necesidad de mantenimiento v/s Establecimientos educacionales por cada mil habitantes.
3. Necesidad de mantenimiento v/s Establecimientos de salud por cada mil habitantes.

Cabe mencionar que los indicadores socioeconómicos examinados, fueron escogidos en base a una previa revisión literaria de investigaciones que incorporan la dimensión social en diferentes contextos de análisis, tomando específicamente los indicadores considerados por Varas et al. (2021), ya que es un estudio que se llevó a cabo en la Región Metropolitana de Chile, lo que permite comparar los resultados. Además, el ingreso es una variable que refleja la resiliencia de la población, ya que tiene una influencia positiva en la recuperación ante eventualidades. Por su parte, la cantidad de establecimientos de educación y establecimientos de salud dan cuenta del nivel de acceso a servicios básicos de la comunidad. Por lo tanto, la eventual consideración de estos indicadores en la toma de decisiones cobra importancia debido a que afectan a la comunidad en el corto plazo.

Luego, las pruebas de independencia realizadas son: Prueba de Chi-Cuadrado y Prueba Exacta de Fisher, ambas utilizadas para analizar dos variables categóricas o cualitativas dentro de la misma población. Como se requieren variables categóricas, es necesario expresar el valor de los indicadores socioeconómicos y de la necesidad de mantenimiento de forma binaria, por lo que se establece lo expuesto en la Tabla 1:

Tabla 1. Criterios para establecer valor binario de variables.

Variable binaria	Necesidad de mantenimiento	de Ingresos	Establecimientos de educación (x1000Hab.)	Establecimientos de salud (x1000Hab.)
0	NO	Medio-Bajo	$Valor\ Comunal \leq Valor\ Regional$	$Valor\ Comunal \leq Valor\ Regional$
1	SI	Alto	$Valor\ Comunal > Valor\ Regional$	$Valor\ Comunal > Valor\ Regional$

Para establecer la “necesidad de mantenimiento” de las rutas se utilizan las mediciones de Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Condición de Pavimento (ICP) disponibles en el informe de Proposición de Acciones de Mantenimiento (PAM) y Estado de la Calzada y Bermas para Caminos Pavimentados de la Red Vial Nacional, generado periódicamente por el departamento de gestión vial de la Dirección de Vialidad del MOP. El levantamiento de la información de inspección visual de pavimentos se realiza en cada una de las pistas del camino, y en toda su longitud en forma continua, con el fin de obtener información del 100% de la superficie. Además, la metodología de auscultación se realiza según el tipo de pavimento, clasificados en pavimentos flexibles (carpeta asfáltica y tratamientos superficiales) y pavimentos de hormigón. Cabe mencionar que las mediciones consideran tramos de 200 metros, ya que representan la unidad muestral máxima para la evaluación del IRI.

Se calcula el promedio de IRI e ICP de cada sección medida según la cantidad de pistas inspeccionadas. Luego, se establece que un tramo de ruta evaluado requiere mantenimiento para un umbral de IRI de 3,5 m/km, en base a una evaluación de los umbrales de las políticas de conservación consideradas por la Dirección de Vialidad del MOP. Por otra parte, el ICP clasifica el estado del pavimento en Muy bueno (MB), Bueno (B), Regular (R), Malo (M) y Muy malo (MM), por lo que, para este indicador, se establece que la sección de la ruta evaluada requiere mantenimiento si se encuentra en el estado M o MM. Por lo tanto, un tramo del pavimento necesita mantenimiento si cumple al menos con una de las dos condiciones mencionadas anteriormente y que se resumen en la Tabla 2:

Tabla 2. Condiciones que determinan la necesidad de mantenimiento.

Necesidad de mantenimiento	IRI [m/km]	ICP
Sí	$\geq 3,5$	o MM - M
No	$< 3,5$	o R - B - MB

Las condiciones de la Tabla 2 pueden variar según las políticas y tolerancias de los diferentes sistemas de gestión.

En cuanto a los indicadores socioeconómicos, para el caso del ingreso, en base a la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) realizada por el Ministerio de Desarrollo Social y Familia de Chile, se obtiene el ingreso autónomo promedio por comuna y según el valor de este, se clasifican las comunas en los grupos socioeconómicos definidos por la Asociación de Investigadores de Mercado (AIM) en su nueva metodología de segmentación y clasificación socioeconómica (2018), la que se presenta en la Tabla 3:

Tabla 3. Clasificación Socioeconómica según AIM (2018)

GSE 2018	Ingreso promedio Hogar
E	\$324.000
D	\$562.000
C3	\$899.000
C2	\$1.360.000
C1b	\$1.986.000
C1a	\$2.739.000
AB	\$6.452.000

Para establecer esta variable como binaria, se hace la distinción entre dos niveles de ingresos: Alto y Medio-Bajo. Por lo tanto, de la Tabla 3, los grupos AB, C1a, C1b y C2 (correspondientes al 25% de los hogares a nivel país) se clasifican en el tipo de ingreso Alto, mientras que los grupos C3, D y E (75% de los hogares a nivel país), en el tipo de ingreso Medio-Bajo.

Por otra parte, se utiliza la información territorial disponible en la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN) para conocer la cantidad de establecimientos de educación por comuna y región, tanto para el año 2017 como 2021. Mientras que la cantidad de establecimientos de Salud por comuna y región, se obtienen de la información disponible tanto en la BCN como en el Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) del Ministerio de Salud. Además, con el número de habitantes por comuna y región establecido en el Censo 2017 y la correspondiente proyección para el año 2021, se calcula la cantidad de establecimientos educacionales y de salud por cada mil habitantes para cada región y comuna, en ambos años de análisis. Estableciendo la variable binaria para ambos casos,

según lo expuesto en la Tabla 1, en donde se realiza la comparación del valor comunal con el del valor regional, que es representativo del contexto de la ubicación de cada ruta.

Posteriormente, para identificar las rutas válidas para el análisis, se realiza una selección multicriterio según lo siguiente:

- La ruta debe cruzar al menos dos comunas y debe existir una cantidad de kilómetros representativos para el análisis.
- Debe existir un contraste en el factor socioeconómico de las comunas que cruza la ruta.

Lo anterior es necesario debido a que las pruebas de independencia se indefinen si una variable tiene el mismo valor binario para cada punto de evaluación, por lo que no es aplicable si no se cumple con el “contraste” de cada variable.

Por lo tanto, se lleva a cabo una filtración de rutas, descartándose los caminos de las regiones cuyas comunas presentan sólo un tipo de ingreso y aquellas rutas que cruzan comunas sin contraste en los indicadores socioeconómicos. Para efectos del presente estudio, con el fin de no excluir demasiadas rutas, se incluyen en el análisis los caminos que no cumplan con este último criterio en sólo uno de los dos indicadores de establecimientos, es decir; que no exista contraste en la variable binaria del indicador “establecimientos de educación por cada mil habitantes” o en la de “establecimientos de salud por cada mil habitantes”.

Por otra parte, existen rutas cuya información de condición de pavimento está incompleta en el informe PAM o no se realizaron las mediciones en los años de análisis. Lo anterior produce otro filtro de caminos, ya que al no contar con la variable “necesidad de mantenimiento”, no se pueden realizar las pruebas de independencia. De igual forma, se excluyen las rutas cuya necesidad de mantenimiento es nula, ya que no existiría contraste en esta variable.

Cabe mencionar que la presente investigación corresponde a un estudio exploratorio que busca analizar si la incorporación de métricas de componente socioeconómica es posible en la Gestión de Infraestructura Vial, y solamente se establece la existencia de una asociación estadísticamente significativa entre las variables. Por lo tanto, no se encuentra entre los objetivos ser un estudio representativo de la población, de modo que se admite la filtración de rutas considerando en el análisis solo aquellas donde es posible aplicar las pruebas de independencia.

Luego, el análisis estadístico se lleva a cabo en 26 rutas: 2 rutas en el norte de Chile (región de Antofagasta), 10 en la zona central (regiones de Valparaíso, del Libertador General Bernardo

O’Higgins y del Maule) y 14 en la zona sur del país (regiones del Biobío, de la Araucanía, de los Ríos y de los Lagos). En la Figura 1, se muestra la distribución de las regiones a lo largo del país, en las que se encuentran estas rutas.

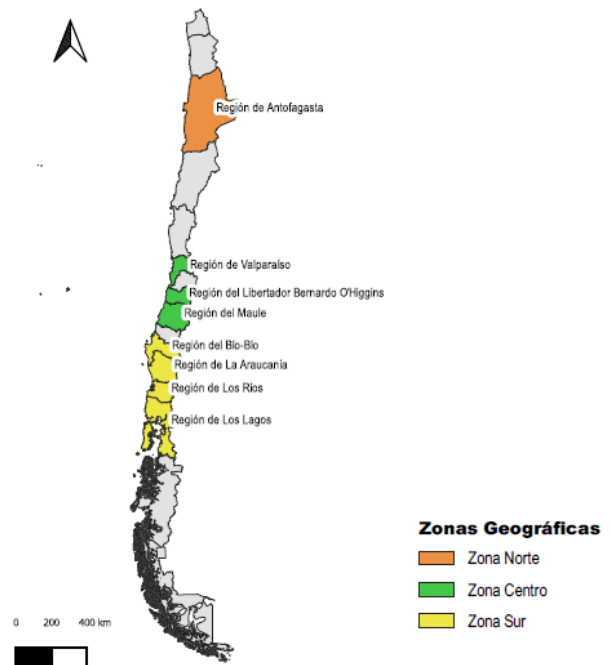


Figura 1. Distribución de regiones con rutas de análisis según zona geográfica de Chile (Elaboración propia).

Según lo mencionado anteriormente, se llevan a cabo tres pruebas de independencia estadística para cada ruta. En primera instancia, se realiza la prueba Chi-cuadrado, en donde, habitualmente la hipótesis nula (H_0) indica que ambas variables son independientes. Para evaluar esto, se calculan los valores que indicarían la independencia absoluta, lo que se denomina “frecuencias esperadas”, comparándolos con las frecuencias de la muestra, por medio de una tabla de contingencia. La estadística de la prueba consiste en encontrar la diferencia al cuadrado entre los valores de los datos reales y los esperados, y dividir esa diferencia entre los valores de los datos esperados. Esto se realiza para cada punto de datos y se suman los valores. De esta forma, se busca determinar si una diferencia entre los datos observados y los esperados se debe al azar, o si se debe a una relación entre las variables que se están estudiando (Pearson, 1900).

El cálculo estadístico de Chi-cuadrado (p-value) no tiene límite superior, es decir, toma valores entre cero e infinito. La comparación de este valor con el nivel de significancia (α) permite evaluar si las variables están asociadas o son independientes. Se tiene:

- Si $p - value \leq \alpha$: Las variables tienen una asociación

estadísticamente significativa (rechazar H_0).

- Si $p - value > \alpha$: No se puede concluir que las variables están asociadas (no se puede rechazar H_0).

Por lo general, un nivel de significancia de 0,05 funciona adecuadamente e indica un riesgo del 5% de concluir que existe una asociación entre las variables cuando no hay una asociación real.

Debido a la forma en que se calcula el valor de Chi-cuadrado, es extremadamente sensible al tamaño de la muestra: si aumenta la muestra, aumenta el valor de Chi-cuadrado, pero eso no significa que exista más correlación. Además, la prueba no es adecuada cuando los tamaños de muestra son pequeños o los datos se distribuyen de forma desigual entre las celdas de la tabla de contingencia, lo que produce que los "valores esperados" sean bajos. En general, si alguno de los valores esperados es menor que 5, la prueba Chi-cuadrado pierde confiabilidad. Para estos casos, se realiza la prueba Exacta de Fisher, esta prueba, tiene el nombre de su inventor, Ronald Fisher, y es exacta porque el significado de la desviación de la hipótesis nula se puede calcular con exactitud, en lugar de

basarse en función matemática que estime la probabilidad de un valor de un estadístico de prueba (Agresti, 1992). Al igual que en la prueba de Chi-cuadrado, en la prueba exacta de Fisher, el valor de $p-value$ debe ser menor o igual al nivel de significancia (α) para considerar una asociación estadísticamente significativa.

Por lo tanto, en cada tramo donde es evaluada la condición del pavimento (mediciones del informe PAM) se determina si existe o no la necesidad de mantenimiento. Luego, a cada uno de esos tramos, se le asignan los valores binarios de los indicadores socioeconómicos, según la comuna a la que pertenece cada medición. Con esta información, se realizan las tablas de contingencia para las tres pruebas de independencia y se obtiene el cálculo estadístico ($p-value$), ya sea con la prueba de Chi-cuadrado o con la prueba exacta de Fisher, según los valores esperados. En ambos casos, se considera un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

3. Análisis de resultados

En la Tabla 4 se presentan los valores $p-value$ de las tres pruebas de independencia para las 26 rutas de análisis, tanto para el año 2017 como para el 2021.

Tabla 4. Resultados pruebas de independencia estadística.

Zona	Ruta	P-value Ingreso		P-value Est. Educativos (x1000hab)	Est. Educativos	P-value Est. Salud (x1000hab)	
		2017	2021			2017	2021
Norte	Ruta 1	1,116E-07	0,164	0,701	0,264	1,548E-07	-
	Ruta 24	0,352	0,903	-	-	0,352	0,903
Centro	Ruta E-30-F	7,172E-15	4,108E-08	1,409E-04	4,108E-08	7,172E-15	4,108E-08
	Ruta F-50	1,000	0,011	-	-	1,000	0,011
	Ruta E-61	0,185	0,088	0,185	0,088	0,185	-
	Ruta E-57	1,000	1,000	1,000	-	1,000	1,000
	Ruta F-190	0,670	0,4554	-	-	0,670	0,4554
	Ruta H-56	0,028	0,002	0,028	0,002	0,028	0,002
	Ruta H-38	0,034	0,974	0,617	0,177	-	-
	Ruta 115 CH	0,020	0,001	0,020	0,001	0,020	0,001
	Ruta K-60	0,077	0,005	0,077	0,005	0,077	0,005
	Ruta K-45	0,059	0,782	0,059	0,782	0,059	0,782
Sur	Ruta 156	0,234	0,043	0,990	9,366E-05	0,990	9,366E-05
	Ruta Q-60-O	0,007	2,215E-04	0,016	4,573E-04	0,007	0,078
	Ruta S-40	0,008	1,871E-04	0,008	1,871E-04	0,008	1,871E-04
	Ruta S-31	0,000	0,223	0,031	0,917	-	-
	Ruta S-20	0,001	1,040E-05	0,001	1,040E-05	0,001	1,040E-05

Ruta 202	1,000	7,206E-07	1,000	7,206E-07	1,000	7,206E-07
Ruta 204	0,292	0,008	0,292	0,008	0,292	0,008
Ruta T-34	0,669	1,000	0,669	1,000	0,669	1,000
Ruta 206	0,338	0,004	0,338	0,004	-	-
Ruta U-55-V	0,407	0,192	0,001	0,264	0,001	0,264
Ruta U-720	0,041	0,006	0,001	0,001	0,041	0,006
Ruta W-55	0,565	0,182	0,565	0,182	-	-
Ruta U-964-V	0,537	0,053	-	-	0,537	0,053
Ruta V-500	1,000	1,000	1,000	1,000	-	-

Nota: Valores en “negrita” indican asociación estadística significativa.

De la Tabla 4 se tiene que, de un total de 26 rutas analizadas, un 38% tiene asociación significativa entre la necesidad de mantenimiento y el ingreso para el año 2017, y un 50% para el año 2021. Por otra parte, para el 2017 se tiene un 35% de las rutas con asociación significativa entre necesidad de mantenimiento y cantidad de establecimientos educacionales por cada mil habitantes, mientras que para el año 2021 un 46%. Consecutivamente, para la asociación significativa entre necesidad de mantenimiento y cantidad de establecimientos de salud, se tiene un 35% de las rutas en 2017 y 42% en 2021.

La necesidad de mantenimiento de las 26 rutas de análisis se muestra en los siguientes gráficos, que expresan los porcentajes de tramos de máximo 200 metros que requieren mantenimiento, de las comunas por las que pasa cada ruta. La Figura 2 corresponde a las comunas de la zona norte, la Figura 3 a las de la zona centro, mientras que la Figura 4 a las comunas de la zona sur del país.

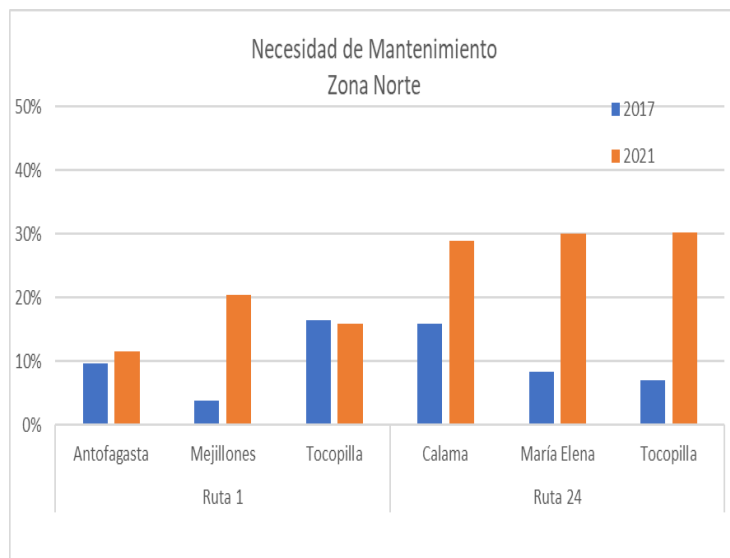


Figura 2. Necesidad de Mantenimiento en comunas de cada ruta de la zona norte.

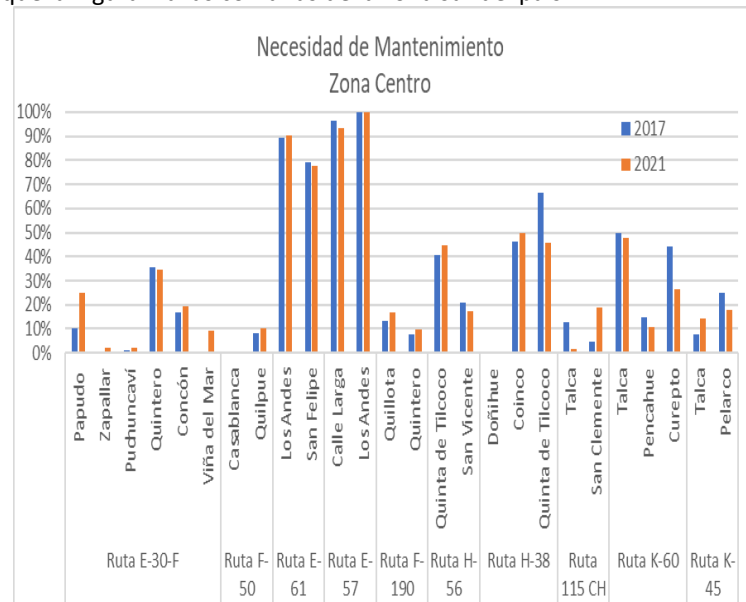


Figura 3. Necesidad de Mantenimiento en comunas de cada ruta de la zona centro

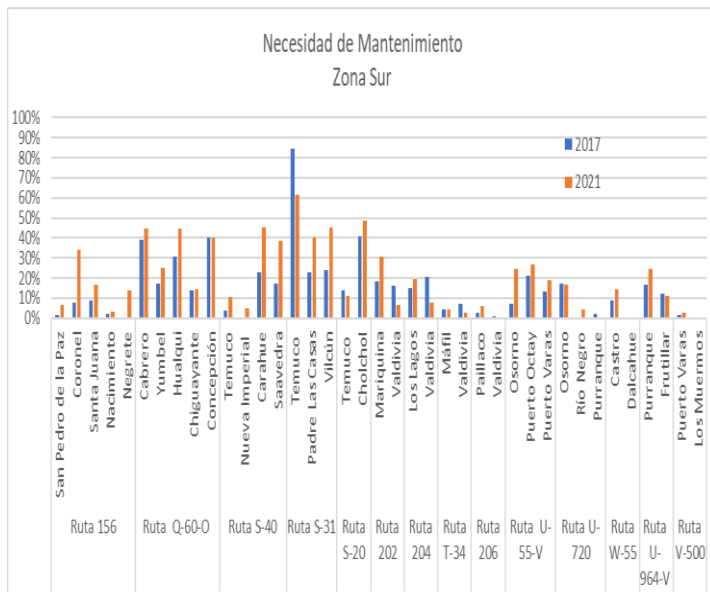


Figura 4. Necesidad de Mantenimiento en comunas de cada ruta de la zona sur.

En la Figura 2, se observa que para el año 2021 se tienen comunas de la zona norte que presentan como máximo el 30% de tramos de ruta con necesidad de mantenimiento, mientras que para el 2017 no se supera el 20%. Por su parte, en las comunas de la zona centro, de la Figura 3 se desprende que la mayoría presenta necesidad de mantenimiento de las rutas menores al 50% en ambos años de análisis. Lo anterior, a excepción de las rutas E-61, E-57 y H-38; las dos primeras pertenecientes a la región de Valparaíso, y que justamente, según lo expuesto en la Tabla 4, no presentan asociación estadística significativa con ninguna de las tres variables socioeconómicas, y la tercera, de la región de O'Higgins, con asociación significativa solo para el indicador de Ingresos en el año 2017. Para las rutas de la zona sur, de la Figura 4, se tiene que la necesidad de mantenimiento máxima de las comunas también bordea el 50%, menos en una comuna de la ruta S-31, que de acuerdo con la Tabla 7, presenta asociación significativa con Ingresos y Cantidad de establecimientos educacionales en el año 2017.

En las tres Figuras anteriores, se tiene que, dentro de la misma ruta existen comunas con necesidad de mantenimiento muy por debajo que las otras, por lo que existe una variación del estado de los caminos según la comuna. Esto ocurre sobre todo en las rutas de la zona central y sur del país.

Por otra parte, al comparar la necesidad de mantenimiento en los dos años de análisis, se tiene que, en la mayoría de las comunas el estado del pavimento se mantuvo o empeoró. Esto ocurre en todas las comunas analizadas de la zona norte, en más del 80% de las comunas de la zona centro y en el 90% de las comunas de la zona sur.

Una alta necesidad de mantenimiento de un camino implica dificultad de desplazamiento de los usuarios, ya sea por la reducción en la velocidad de circulación o por la utilización de rutas alternativas. Lo anterior se traduce en mayores tiempos de viaje, aumento de gastos relacionados con el vehículo y también dificulta el acceso al territorio, por lo tanto, a servicios básicos como sanidad o educación.

A continuación, se analizan las tendencias de las asociaciones significativas detectadas en la Tabla 4 para cada indicador socioeconómico, buscando inferir que podría explicar dicha asociación.

3.1 Asociación Necesidad de Mantenimiento e Ingreso

En la Tabla 5 se presenta el porcentaje promedio por zona, de la necesidad de mantenimiento de las comunas cuyas rutas presentan asociación estadística significativa entre la necesidad de mantenimiento y el ingreso, para ambos años de análisis. Cabe mencionar que para el año 2021 no existen rutas con asociación significativa respecto al ingreso en la zona norte.

Tabla 5. Promedio Necesidad de Mantenimiento de comunas, por zona, según Ingreso (2017 y 2021).

Zona	Promedio Necesidad de Mantenimiento (%)			
	Ingreso Medio-Bajo		Ingreso Alto	
	2017	2021	2017	2021
Norte	16%	-	7%	-
Centro	12%	13%	23%	22%
Sur	23%	26%	10%	7%

En la Tabla 5 se tiene que, en la zona norte y sur, las comunas de ingreso Medio-Bajo presentan una mayor necesidad de mantenimiento que las de ingreso Alto, no así en la zona central, en donde la necesidad de mantenimiento es mayor en las comunas de ingreso Alto. En los resultados de la investigación de Varas et al. (2021), correspondientes a rutas de la Región Metropolitana, se concluye que en comunas de mayores ingresos se requiere mayor porcentaje de mantenimiento, por lo que coincide con los resultados del presente estudio considerando que la Región Metropolitana pertenece a la zona centro de Chile.

Por lo tanto, la relación entre Necesidad de Mantenimiento e Ingresos es diferente para la zona centro del país, en comparación con lo que ocurre en la zona norte y sur.

3.2 Asociación Necesidad de Mantenimiento y Establecimientos Educativos

El indicador “cantidad de establecimientos” representa el nivel de acceso de la comunidad a la educación, desde el punto de vista de la disponibilidad de establecimientos. Además, un alto nivel de necesidad de mantenimiento de un camino dificulta el acceso a servicios básicos, entre ellos, la educación.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4, en la zona norte, no existen rutas con asociación significativa respecto a la necesidad de mantenimiento y la cantidad de establecimientos educativos por cada mil habitantes. Luego, en la Tabla 6, se muestran los porcentajes promedio por zona de la necesidad de mantenimiento de las comunas con menor cantidad de establecimientos educativos por habitantes como para las de mayor cantidad y cuyas rutas presentan asociación significativa con este indicador, para 2017 y 2021.

Tabla 6. Promedio Necesidad de Mantenimiento de comunas, por zona, según Cantidad de establecimientos Educativos por cada mil habitantes (2017 y 2021).

Zona	Promedio Necesidad de Mantenimiento (%)			
	Menor cantidad de Establecimientos Educativos por habitante		Mayor cantidad de Establecimientos Educativos por habitante	
	2017	2021	2017	2021
Centro	17%	24%	9%	15%
Sur	19%	18%	20%	23%

De la Tabla 6 se tiene que tanto para el 2017 como el 2021, en la zona centro se aprecia que en aquellas comunas con mayor cantidad de establecimientos educativos por habitante se presenta menor necesidad de mantenimiento de las rutas, mientras que, en la zona sur ocurre lo contrario.

Por lo tanto, los resultados reflejan que en la zona centro, se tiene un mejor estándar de las rutas en las comunas con mayor cantidad de establecimientos educativos, lo que facilita el acceso de los usuarios a la educación. Esta inferencia coincide con lo expuesto por Varas et al. (2021) para la región Metropolitana, perteneciente a la zona central.

En la zona sur, con los valores de promedio expuestos en la Tabla 6 no se aprecia gran diferencia de la necesidad de mantenimiento entre las dos categorías de comunas, solo una leve inclinación a una mayor necesidad de mantenimiento en las comunas con mayor cantidad de establecimientos de educación, por lo que las rutas en análisis no brindan un nivel de acceso adecuado a este servicio básico.

3.3 Asociación Necesidad de Mantenimiento y Establecimientos de Salud

El indicador “cantidad de establecimientos de Salud” da cuenta del nivel de acceso de la comunidad a la salud, servicio social básico y en donde puede estar en juego la vida de las personas, por lo que es imprescindible que los caminos brinden un alto nivel de acceso a este servicio.

En la Tabla 7 se tienen los porcentajes promedio por zona, de la necesidad de mantenimiento de las comunas con menor cantidad de establecimientos de salud por habitantes como para las de mayor cantidad y cuyas rutas presentan asociación significativa entre necesidad de mantenimiento y este indicador. Cabe destacar que, de acuerdo con la Tabla 4, para el año 2021, en la zona norte no existen rutas de asociación estadística significativa entre este indicador y la necesidad de mantenimiento.

Tabla 7. Promedio Necesidad de Mantenimiento de comunas, por zona, según Cantidad de establecimientos de Salud por cada mil habitantes (2017 y 2021).

Zona	Promedio Necesidad de Mantenimiento (%)			
	Menor cantidad de Establecimientos de Salud por habitante		Mayor cantidad de Establecimientos de Salud por habitante	
	2017	2021	2017	2021
Norte	13%	-	4%	-
Centro	21%	22%	7%	13%
Sur	9%	13%	23%	22%

Considerando los valores expuestos en la Tabla 7 se tiene que para el año 2017 en la zona norte, las comunas con mayor cantidad de establecimientos de salud por cada mil habitantes presentan la menor necesidad de mantenimiento de las rutas. Lo mismo ocurre en la mayoría de las comunas de la zona central en ambos años de análisis. Lo anterior es favorable para las comunidades por las que pasan estas rutas, ya que, en los lugares con gran cantidad de establecimientos de salud, se brinda un buen nivel de acceso al servicio. Para este indicador, los resultados para la zona centro discrepan de lo obtenido en el estudio de Varas et al. (2021), en donde las comunas de la región Metropolitana con mayor cantidad de establecimientos de salud por habitante requieren más mantenimiento, sin embargo, esta tendencia no es del todo evidente.

Por último, para las rutas con asociación significativa de la zona sur, de acuerdo con la Tabla 7, se aprecia lo contrario a lo que ocurre en la zona norte y centro del país; las comunas con mayor cantidad de establecimientos de salud por cada mil habitantes presentan mayor necesidad de mantenimiento, tanto en 2017 como en 2021. Esto dificulta el acceso de los usuarios a este tipo de establecimientos en dichas comunas, lo que es perjudicial sobre todo en casos de emergencia.

4. Conclusiones

El presente estudio analiza la existencia de una asociación entre la necesidad de mantenimiento y ciertos indicadores socioeconómicos (ingreso promedio del hogar, cantidad de establecimientos educacionales y cantidad de establecimientos de salud) de 26 rutas de la Red Vial Nacional en regiones de la zona norte, centro y sur de Chile, en los años 2017 y 2021. Para ello, se realizan pruebas de independencia estadística. Aquellas rutas que presentan asociación estadística significativa entre las variables alcanzan entre un 35% y 50% del total de caminos analizados. Luego, se estudian las tendencias de estas relaciones. Los resultados obtenidos arrojan variación entre las asociaciones de un mismo indicador socioeconómico dependiendo de la zona geográfica del país.

En el caso del ingreso se tiene que, en la zona norte y zona sur, las comunas de ingreso medio-bajo presentan una mayor necesidad de mantenimiento de infraestructura vial que las de ingreso alto, mientras que en la zona centro, las comunas de ingreso alto son las que presentan una mayor necesidad de mantenimiento. Por lo tanto, los usuarios de las comunas de ingreso medio-bajo de la zona norte y sur y las de ingreso alto en la zona centro presentan dificultades de desplazamiento, lo que implica una reducción en la velocidad de circulación, aumento en los tiempos de viaje y mayores gastos asociados al vehículo.

En cuanto a la cantidad de establecimientos educacionales, para la zona norte, no existen rutas con asociación estadística significativa respecto a este indicador y la necesidad de mantenimiento de las rutas, en ningún año de análisis. En la zona centro, las comunas con mayor cantidad de establecimientos educacionales por habitante presentan menor necesidad de mantenimiento en sus rutas, mientras que, en la zona sur, no se aprecia una tendencia concreta respecto a la cantidad de establecimientos educacionales por habitantes, solo una leve inclinación a una mayor necesidad de mantenimiento en las comunas con mayor cantidad de establecimientos de educación. Por lo tanto, se concluye que las rutas de la zona centro cuentan con un buen estándar en cuanto al nivel de acceso de la comunidad a la educación, no así, las rutas de la zona sur del país.

Con respecto a la cantidad de establecimientos de salud, tanto en la zona norte como en la zona central se tiene que las comunas con mayor cantidad de establecimientos de salud por cada mil habitantes presentan menor necesidad de mantenimiento. Por su parte, las comunas de la zona sur que tienen mayor cantidad de establecimientos de salud por cada

mil habitantes presentan mayor necesidad de mantenimiento en sus rutas. Estas tendencias son favorables para las comunidades de la zona norte y centro ya que se brinda un nivel de acceso adecuado al servicio de salud, en cambio, la relación que se da en la zona sur dificulta el acceso de los usuarios a los establecimientos de salud, lo que es perjudicial para las comunidades sobre todo cuando se tienen emergencias. En este caso, es sugerible que dentro de la planificación estratégica se dé prioridad al mantenimiento de las rutas en comunas con esta tendencia.

Comparando las relaciones anteriores de la zona centro con los resultados obtenidos por Varas et al. (2021) para la región Metropolitana, coincide el comportamiento para el caso del “ingreso” y para la “cantidad de establecimientos educacionales por cada mil habitantes”. La tendencia del indicador “cantidad de establecimientos de Salud por cada mil habitantes” del presente estudio es la única que difiere de la obtenida por Varas et al. (2021).

Para los indicadores “establecimientos educacionales” y “establecimientos de salud” se tiene que el comportamiento para la zona centro es el mismo: comunas con mayor cantidad de establecimientos presentan menor necesidad de mantenimiento en sus rutas. Por lo que se infiere que existe prioridad en rutas con mayor cercanía con este tipo de instalaciones, con el fin de brindar un buen nivel de acceso a los servicios de salud y educación.

Finalmente, al comparar la necesidad de mantenimiento en los dos años de análisis, se tiene que, en la mayoría de las comunas el estado del pavimento se mantuvo o empeoró. Esto ocurre en todas las comunas analizadas de la zona norte, en más del 80% de las comunas de la zona centro y en el 90% de las comunas de la zona sur. De lo anterior, se tiene que en la zona centro se presenta el mayor porcentaje de tramos con mejoramiento en el 2021 respecto del 2017, lo que da cuenta de la centralización que se tiene en el país con relación a las acciones de Gestión de Infraestructura Vial. Esto último, también se ve reflejado en la información disponible en la base de datos del informe PAM, ya que se cuenta con menos información en las zonas norte y sur, en comparación con la información disponible de la zona centro.

5. Referencias

- Agresti, A., (1992). *A Survey of Exact Inference for Contingency Tables*. Statist. Sci. 7 (1) 131 – 153. (February). <https://doi.org/10.1214/ss/1177011454>
- Dirección de Vialidad. (2017 y 2021). *Proposiciones de Acciones de Mantenimiento (PAM) y estado de la calzada y bermas para caminos pavimentados de la red*

vial nacional. Departamento de Gestión Vial, Subdirección de Desarrollo, Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas. Obtenido de <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/a2017.pdf>

y <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/gestionvial/Documents/a2021.pdf>

- Godoy, P., Mourgues, C., & Chamorro, A. (2015). *Incorporating socio-political criteria into the maintenance prioritization of Chilean urban pavement networks*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 80, 151–162. <https://doi.org/10.1016/j.tr.2015.07.014>
- Jones, P., & Lucas, K. (2012). *The social consequences of transport decision-making: Clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications*. Journal of Transport Geography, 21(March 2012), 4–16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>
- Mihyeon Jeon, C., & Amekudzi, A. (2005). *Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics*. Journal of Infrastructure Systems, 11(1), 31–50. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1076-0342\(2005\)11:1\(31\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1076-0342(2005)11:1(31))
- Pearson K., F.R.S. (1900). *X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling*. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 50:302, 157-175, DOI: 10.1080/14786440009463897
- SADC. (2003). *Low-volume Sealed Roads Guidelines*. Southern Africa Development Community, Gaborone, Botswana.
- Torres-Machi, C., Nasir, F., Achebe, J., Saari, R., & Tighe, S. L. (2019). *Sustainability Evaluation of Pavement Technologies through Multicriteria Decision Techniques*. Journal of Infrastructure Systems, 25(3), 04019023. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000504](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000504)
- Varas, C., Osorio, A., & Araya, F. (2021). *Análisis exploratorio de la asociación de criterios socioeconómicos con la necesidad de mantenimiento en rutas interurbanas* [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio institucional – USM.
- Weerakoon, R. (2013). *Sustainability in Post Disaster Road Infrastructure Recovery Projects in Queensland, Australia*. 63–68.