

Generación y Atracción de Viajes

Felipe Vicencio y Lukas Wolff

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de los Andes, Santiago de Chile.

email: lwolff@miuandes.cl, favicencio@miuandes.cl

github: [Link al repositorio](#)

ABSTRACT

Nowadays, the importance of having an efficient *transport system* and a precise analysis of travels per person to determine the flux and social behavior is key to the well-functioning of the country. In this paper, the commune of *Las Condes* was analyzed with a *linear regression* equation to determine the number of *travels* per home in each of the years 2012, 2017 and 2023. The variables were separated according to age range and per capita income. It is worth highlighting that the analysis was made to compare a sample data (730 homes) from the *ESI survey* (**Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) [2024a]**), with the population data (321,110 homes) from a data base generated by the *2017 census* (**Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) [2017]**). The results show that the average amount of people living in a house has decreased in the last 11 years from 3.16 to 2.6 people per household. Also, the number of trips made in a household did vary between 2012 and 2023 in Las Condes, decreasing from 1.84 to 1.66 trips. Although, if we took into account the variability of the inflation, IPC, gas, dollar and public transport price, and the pandemic, the number of trips throughout the years increased in almost 25 %, due to the increase in the number of houses.

Key Words: Linear Regression; Travels; Transport System; Las Condes; 2017 Census; ESI Survey.

1. Introducción

El estudio de los viajes es fundamental para el desarrollo de zonas altamente pobladas, ya que permite ahorrar tiempo de viaje, reducir el consumo de combustible y mejorar el bienestar de las personas. Para generar estos análisis, es necesario recolectar datos reales sobre el comportamiento de las personas, como su tipo de transporte, origen y destino, horas de viaje, entre otros.

El problema de estos estudios radica en la cantidad de datos que se necesitan para realizar un análisis completo. Por lo tanto, se recurre a estimaciones mediante una regresión lineal para representar a la población de la manera más eficaz posible.

En este informe, se buscará analizar el número de viajes de la comuna de Las Condes, basándose en los datos obtenidos de la encuesta ESI para los años 2012, 2017 y 2023. Se utilizará un modelo de regresión lineal para estimar el número de viajes de la comuna en base a distintos factores que pueden influir en la cantidad de viajes.

Finalmente, se analizará y discutirá la eficiencia del modelo, la precisión de los datos obtenidos y los factores que pueden influir en la cantidad de viajes en la comuna de Las Condes.

2. Contenido

2.1. Matriz Origen-Destino

Para representar todos los viajes de la red, se puede utilizar la matriz origen-destino, la cual se representa de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} O_1D_1 & O_1D_2 & \cdots & O_1D_n \\ O_2D_1 & O_2D_2 & \cdots & O_2D_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ O_nD_1 & O_nD_2 & \cdots & O_nD_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

Generalmente no se disponen de suficientes datos para completar satisfactoriamente la matriz origen-destino, por lo que se deben utilizar modelos de estimación de viajes para completarla.

Es importante analizar los distintos factores que pueden influir en los viajes de las personas.

2.2. Regresión Lineal

Basándonos en los datos obtenidos de distintas encuestas, se busca establecer una relación que explique el comportamiento de la población:

$$Y = \alpha + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \cdots + \beta_nX_n + \varepsilon \quad (2)$$

Que se puede extrapolar a:

$$Y = \alpha + \vec{\beta}\vec{X} + \varepsilon \quad (3)$$

Donde Y corresponde al número de viajes y \vec{X} a los distintos factores que pueden afectar la cantidad de viajes. En este informe, se utilizarán las siguientes variables X :

$X_i = \log_{10}(IPCH)$, donde IPCH corresponde al ingreso per cápita por hogar.

X_p = número de personas con edad ε [0, 5].

X_e = número de personas con edad ε [6, 22].

X_t = número de personas con edad ε [23, 62].

X_j = número de personas con edad ε [63, 79].

De esta forma, el modelo de regresión lineal queda de la siguiente manera:

$$Y_i = -2,1723 + 0,3792X_i + 0,6221X_p + 1,0065X_e + 0,4302X_t + 0,1614X_j \quad (4)$$

Es importante mencionar que los coeficientes $\vec{\beta}$ y α fueron proporcionados por el enunciado, donde el modelo fue calibrado según los datos del 2012. Además, se asume que este modelo cumple los tres supuestos correspondientes: independencia, linealidad y homocedasticidad.

3. Obtención de Resultados a partir de Bases de Datos

Para el análisis y discusión de la regresión lineal, se utilizará la base de datos ESI **Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) [2024a]**, la cual contiene toda la información necesaria para aplicar en el modelo.

Inicialmente, se realizó un filtrado de datos correspondientes a la comuna de Las Condes, además de calcular los distintos factores y promediarlos para los años 2012, 2017 y 2023.

Cuadro 1: Coeficientes promediados

Año	Número Hogares	X_i	X_p	X_e	X_t	X_j	Tamaño hogar
2012	271	5.730	0.258	0.771	1.978	0.303	3.16
2017	272	5.773	0.243	0.691	1.978	0.320	3.09
2023	187	5.934	0.160	0.668	1.775	0.299	2.60

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de encuesta ESI **Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) [2024a]**

Posteriormente, se consultó la encuesta de Estimación y Proyección, de esta forma se tendrán los datos reales sobre la población, para poder comparar con la muestra de la encuesta ESI.

Cuadro 2: Valores Población

Año \ Coeficiente	X_p	X_e	X_t	X_j	Total hogares
2012	0.219	0.705	1.751	0.483	90304
2017	0.204	0.611	1.736	0.537	99582
2023	0.156	0.457	1.475	0.510	131224

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Estimación y Proyección 2002 - 2035

Conociendo el total de hogares de la población, es posible calcular el número de viajes totales obtenidos a partir de la regresión lineal:

Cuadro 3: Estimación de viajes totales

Año	Y_i	Viajes Totales
2012	1.84	192554
2017	1.77	208872
2023	1.66	195891

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la ecuación ??

*Los viajes totales se truncaron hacia abajo, ya que el número de viajes no puede ser decimal. De esta forma, no es posible generar un viaje extra.

4. Discusiones

4.1. Inflación

Un punto clave a considerar sobre el comportamiento de las personas es el valor y peso que tiene la moneda en el tiempo. Por lo tanto, es necesario considerar la inflación y el aumento del precio en los distintos insumos del transporte.

Cuadro 4: Inflación en Chile

Periodo	Inflación (%)
2012 - 2017	18,2
2012 - 2023	61,5

Fuente: **Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) [2024b]**

La regresión lineal aplicada fue calibrada según los datos de 2012, por lo tanto, se puede ajustar X_i según la inflación para obtener un parámetro de viajes más acertado.

Cuadro 5: Ajuste de modelo por inflación

Año	X_i ajustado	Y_i	Viajes Totales
2012	5.730	1.84	166159
2017	5.700	1.74	173272
2023	5.725	1.58	207333

Fuente: Elaboración propia

*Los viajes totales se truncaron hacia abajo, ya que el número de viajes no puede ser decimal, evitando así la generación de viajes extra.

4.2. Precisión de Resultados

Analizando los datos presentados junto con las bases de datos, se estima que la precisión de los resultados obtenidos es fiable, ya que las fuentes de donde se recopiló la información provienen directamente de páginas web gubernamentales, municipales y de agentes encargados de análisis estadísticos sociales, como el INE.

Si bien se evidencia una variabilidad en los parámetros X_p , X_e , X_t y X_j , esto se debe a la comparación de datos muestrales con datos poblacionales. Estos datos fueron comparados estadísticamente, como se muestra en la Tabla 9 (tabla no incluida).

Se puede apreciar que los resultados poseen una desviación estándar insignificante, lo que indica que son representativos para cada coeficiente. Además, se realizó un análisis con el estadístico t para comparar la media muestral con la media poblacional. Debido a que $|p_{value}| < |t_{value}|$, existe una correlación significativa entre las medias, lo que permite afirmar que los resultados son precisos y descriptivos.

4.3. Análisis

Considerando todo lo expuesto anteriormente, se puede observar que el modelo de regresión lineal, sin ser ajustado, es fiable con cierto margen de error. Se concluye que el número de viajes disminuye por cada casa, lo cual tiene sentido al analizar la inflación y el valor de los distintos insumos de transporte (ver Tabla 7). Además, se puede observar que el tamaño de las familias disminuye, lo cual influye en el número de viajes. Finalmente, es necesario considerar el efecto que tuvo la pandemia sobre las personas, donde muchos trabajos comenzaron a ser virtuales o semi presenciales, lo cual afecta el transporte en familias, sobre todo las de menor tamaño.

Se observa que al calibrar el modelo según la inflación, los viajes por hogar bajan aún más, lo cual se relaciona con la pérdida de valor que tiene el dinero y no ha sido proporcional a los aumentos de sueldos (ver Tabla 8).

Finalmente, haciendo un análisis estadístico de los datos, se concluye que los datos se pueden

considerar representativos y precisos, dada la procedencia de estos y su correlación muestral con poblacional según el estadístico T Student.

5. Conclusión

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el modelo de regresión lineal es fiable para estimar el número de viajes de la comuna de Las Condes; sin embargo, es necesario ajustar el modelo según la inflación para obtener resultados más precisos.

El número de viajes por hogar disminuye año a año, lo cual se explica por la disminución del tamaño familiar, la falta de relación entre la pérdida de valor de la moneda y el aumento del sueldo, además del efecto que tuvo la pandemia en el comportamiento de las personas.

Considerando todo lo anterior, se puede concluir que todos los objetivos propuestos fueron alcanzados, por lo que la práctica fue completada de manera satisfactoria.

6. Anexos

6.1. Tablas Inflación

Cuadro 6: Aumento de indicadores económicos

Año	UF (Pesos)	$\Delta\%$ UF	Valor Dólar	$\Delta\%$ Dólar
2012	22,296.19	-	501.34	-
2017	26,348.83	18.2 %	661.19	31.88 %
2023	35,122.26	57.6 %	826.34	64.82 %

Fuente: **Servicio de Impuestos Internos [2023]**

Cuadro 7: Aumento de precio de insumos

Año	Bencina 95 (USD)	$\Delta\%$ Bencina	Metro (CLP)	$\Delta\%$ Metro
2012	1.56	-	610	-
2017	1.15	-26.28 %	660	8.19 %
2023	1.64	5.13 %	730	19.67 %

Fuente: **Trading Economics [2024], Banco Central de Chile [2024]**

Cuadro 8: Variación IPCH ajustado por inflación

Año	X_i	$\Delta \%$
2012	5.730	-
2017	5.700	-0.52 %
2023	5.725	-0.09 %

Fuente: Elaboración propia

6.2. Precisión de Datos

Cuadro 9: Análisis estadístico para la precisión de resultados.

Coficiente	Estadístico	Población	Muestra
X_p	μ	0.193	0.220
	σ	0.027	0.053
	Valor p	1	
	Valor t	-26.09	
X_e	μ	0.591	0.710
	σ	0.102	0.054
	Valor p	1	
	Valor t	-31.52	
X_t	μ	1.654	1.910
	σ	0.126	0.117
	Valor p	1	
	Valor t	-55.84	
X_j	μ	0.510	0.307
	σ	0.021	0.011
	Valor p	0	
	Valor t	261.09	

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Tablas Datos Encuesta EP

Cuadro 10: Rango etario en Las Condes año 2012

Rango etario	Hombres	Mujeres	Total	% Hombres	% Mujeres
0-5	10484	9377	19861	52.79 %	47.21 %
6-22	33329	30366	63695	52.32 %	47.68 %
23-62	75938	82177	158115	48.02 %	51.98 %
63-80	17595	26095	43690	40.27 %	59.73 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11: Rango etario en Las Condes año 2017

Rango etario	Hombres	Mujeres	Total	% Hombres	% Mujeres
0-5	10672	9692	20364	52.41 %	47.59 %
6-22	31833	29028	60861	52.31 %	47.69 %
23-62	84879	88035	172914	49.08 %	50.92 %
63-80	21753	31816	53569	40.61 %	59.39 %

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 12: Rango etario en Las Condes año 2023

Rango etario	Hombres	Mujeres	Total	% Hombres	% Mujeres
0-5	10769	9758	20527	52.46 %	47.54 %
6-22	31416	28678	60094	52.27 %	47.73 %
23-62	96289	97341	193630	49.72 %	50.28 %
63-80	27825	39107	66932	41.57 %	58.43 %

Fuente: Elaboración propia.

Referencias

Banco Central de Chile. Tipo de Cambio Histórico - Dólar Observado, 2024. URL https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_TIPO_CAMBIO/MN_TIPO_CAMBIO4/DOLAR_OBS_ADO?cbFechaDiaria=2012&cbFrecuencia=ANNUAL&cbCalculo=NONE&cbFechaBase=. [Último acceso: 2 de septiembre de 2024].

Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). Proyección de resultados Censo 2017, 2017. URL <https://regiones.ine.cl/biobio/estadisticas-regionales/sociales/demografia-y-vitales/proyecciones-de-poblacion>. [Último acceso: septiembre 3, 2024].

Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). Encuesta Suplementaria de Ingresos, 2024a. URL <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/ingresos-y-gastos/encuesta-suplementaria-de-ingresos>. [Último acceso: septiembre 2, 2024].

Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE). Calculadora IPC, 2024b. URL <https://calculadoraipc.ine.cl/>. [Último acceso: septiembre 2, 2024].

Servicio de Impuestos Internos. Unidad de Fomento (UF) - 2023, 2023. URL https://www.sii.cl/valores_y_fechas/uf/uf2023.htm. [Último acceso: septiembre 2, 2024].

Trading Economics. Chile Gasoline Prices - September 2024 Data, 2024. URL <https://es.tradingeconomics.com/chile/gasoline-prices>. [Último acceso: septiembre 2, 2024].