

ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA ASIGNACIÓN DE LOCALES DE VOTACIÓN APLICADO EN LA COMUNA DE SAN MIGUEL, REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO DE CHILE

Andrea Alvarado Alarcón, Universidad de Santiago de Chile (USACH), andrea.alvarado@usach.cl
Tamara Sawady Marchant, Universidad de Santiago de Chile (USACH), tamara.sawady@usach.cl
Marcos Medina-Tapia, Universidad de Santiago de Chile (USACH), marcos.medina@usach.cl

RESUMEN

El sistema electoral chileno es presencial. La asignación de electores a locales de votación considera circunscripciones electorales, sin incluir variables geospaciales. El objetivo de la investigación es analizar la movilidad en un día de votaciones en San Miguel, comparando la modelación del escenario actual con un escenario optimizado de asignación de electores usando el Problema de Transporte. El tiempo medio de viaje del escenario optimizado disminuye 46% respecto a la situación actual. Por lo tanto, la distribución de locales de votación afecta la movilidad y los costos de electores. La asignación de votantes basada en la ubicación mejora su acceso al sistema electoral.

Palabras claves: Simulación movilidad, Distribución de locales de votación, San Miguel, Chile.

ABSTRACT

The Chilean electoral system has conventional voting. The allocation of voters to voting stations uses electoral constituencies without considering geospatial variables. The research aims to analyze the mobility on a voting day in San Miguel, comparing the modeling of the current scenario with another scenario that considers the optimized allocation of voters, using the Transportation problem. The average travel time of the optimized scenario was reduced by 46% with respect to the current situation. Therefore, the distribution of polling stations affects the mobility and costs of voters. The allocation of voters based on location will improve access to the current electoral system.

Keywords: Mobility simulation, Distribution of polling stations, San Miguel, Chile.

1. INTRODUCCIÓN

La participación electoral es la principal herramienta con que la sociedad interviene en la toma de decisiones del país. Es por esto que es de suma importancia, conocer la manera cómo se lleva a cabo y cuáles son las consecuencias sobre la población a la hora de votar. En Chile, el proceso de asignación de los locales de votación está en manos del Servicio Electoral de Chile (SERVEL), el cual se rige en función a las leyes vigentes. Si bien se toman medidas que buscan la disminución de la distancia a recorrer por los electores, como la creación de circunscripciones, las cuales son áreas que subdividen a las comunas; no existe una metodología definida cómo esto se implementa en términos prácticos.

Actualmente, la asignación de los locales de votación a cada elector se realiza por medio de orden alfabético dentro de los locales disponibles de la circunscripción, sin consideraciones de variables geoespaciales. Esto produce que estas medidas no se lleven de manera equivalentes en todas las comunas del país. Este es el caso de la comuna de San Miguel, que al no contar con circunscripciones que subdividen la comuna, la asignación de sus electores se establece dentro de toda el área de la comuna. Esta situación produce una mayor movilidad y con esto la necesidad de la utilización de modos de transporte para desplazarse a sufragar. Debido a este aumento de la extensión de los viajes se genera mayor movilidad y, por ende, aumenta el tráfico en comparación a un día normal, incluso, se genera congestión en algunos puntos, junto al aumento de costos tanto para el gobierno como para el propio elector.

Las condiciones de pandemia han complejizado el proceso de votación, ya que la movilidad provocada por las elecciones aumenta la interacción entre personas y, con ello, la posibilidad de contagio; esta situación ha hecho considerar distintas medidas que reduzcan esta interacción. Debido a esto, como medida de cuidado para las elecciones de octubre de 2020, se aumentó el número de locales de votación (“Plebiscito 2020: Servel Trabaja En Un Aumento de 10% de Locales de Votación - La Tercera,” 2020), buscando disminuir la cantidad de electores en los recintos.

Aunque la legislación vigente, Artículo N°50 de la Ley 18556 (MinInterior, 1986) declara la intención de considerar factores espaciales para la asignación de los locales y mesas de votación, no existen especificaciones técnicas ni metodológicas que materialicen la designación de estas para los electores. Lo anterior trae consigo diversas consecuencias y efectos negativos en los problemas de movilidad de las personas en un día de votación, particularmente, de la comuna de San Miguel de la Región Metropolitana de Santiago de Chile.

El trabajo apunta al análisis y modelación de escenarios que mejoren la asignación de los locales de votación dentro de la comuna, a través de un análisis de situaciones que permitan optimizar la movilidad en un día de elecciones. En el procedimiento, tanto de optimización de los locales de votación y de la movilidad, como de análisis de escenarios, se utilizará como información el padrón electoral para georreferenciar a los electores.

A continuación, se presenta el contexto en el cual se desarrolla la investigación (2), continuando con la presentación del marco metodológico de esta (3). La investigación entrega posteriormente la descripción y análisis del área de estudio, i.e., la comuna de San Miguel (4) que permiten

desarrollar la modelación entregando los resultados de la investigación (5) y, finalmente, las conclusiones del trabajo (6).

2. CONTEXTO

Por medio de la participación electoral, la población interviene democráticamente en la toma de decisiones en el país. Esta se lleva a cabo de manera presencial en locales de votación asignados para cada elector, lo que conlleva la movilidad generada los días de elecciones afectando tanto a los electores como al entorno donde se llevan a cabo.

En Chile, existen dos organismos electorales autónomos: el Servicio Electoral (SERVEL) y el Tribunal Calificador de Elecciones (TRICEL). El SERVEL es el encomendado de administrar, supervigilar y fiscalizar el proceso de inscripción electoral, la elaboración y actualización de los padrones electorales y el acto electoral, Artículo N°60 (MinInterior, 1985); mientras que el TRICEL es el encargado de calificar y verificar todos los procesos electorales en el país y es en la corte donde se sancionan las diferencias, Artículo N°9 (MinInterior, 1986).

Desde el año 2009, el sufragio es un derecho político de carácter voluntario dada la reforma constitucional (SEGPRES, 2012). El sufragio se ejerce de manera presencial en los locales de votación designados para cada elector. El Servicio Electoral de Chile (SERVEL) considera la dirección electoral de cada votante y la comuna a la que pertenece. En algunos casos se crea una subdivisión del área de la comuna, formando una circunscripción. A partir de aquí, la legislación indica: “El Servicio Electoral, por resolución fundada, podrá crear circunscripciones electorales cuando lo hagan aconsejables circunstancias tales como la cantidad de población, las dificultades de comunicación con la sede comunal, las distancias excesivas o la existencia de diversos centros poblados de importancia”, Artículo N°50 (MinInterior, 1986).

Según estudios de incidencia de factores en la participación electoral en Chile, se indica que la distancia que cada elector debe recorrer a los locales de votación tiene efectos significativos y negativos en la participación (Labarca, 2018). De la mano con esto, los problemas de movilidad generados al concurrir a votar, se asocian a un costo tanto para los electores como para el Estado. Lo anterior se debe a que la designación de los locales de votación no contempla la distancia a recorrer por ellos, provocando que sea necesario una mayor movilidad dentro de la comuna y, con esto, un mayor uso de modos de transporte tanto públicos como privados.

El Gobierno de Chile ha implementado medidas para reducir esto, lo que incluye la gratuidad en ciertos modos de transporte para el traslado de los votantes el día de votación. En el caso de las últimas elecciones (Plebiscito 2020) se entregó más de 2 mil servicios de transporte gratuito, dispuestos por el Estado, para así dar cobertura a los habitantes de zonas rurales y aisladas del país. Además, de manera extraordinaria y por petición de alcaldes, parlamentarios y la comunidad, se entregó gratuidad para el Metro de Santiago, el Metro de Valparaíso y el Biotren (MTT, 2020a). A esto se suma los medios implementados por parte de algunas municipalidades, con el fin de permitir una mejor participación de los ciudadanos, poniendo buses de acercamiento a disposición de la población; situación que genera costos a nivel comunal.

Teniendo en consideración la información disponible del Plebiscito para una nueva Constitución de Chile, la cantidad de gente que se movilizó en los distintos modos de transporte que fueron gratuitos tuvo un alza significativa con respecto a domingos anteriores. En el caso particular del Metro de Santiago se movilizaron 448.554 pasajeros (MTT, 2020b) que, considerando un costo de viaje de \$720 pesos, equivale aproximadamente a un costo total de \$323 millones. En el caso del transporte privado se provoca el problema de la congestión, que se incrementa en las cercanías de los locales de votación, lo que genera mayores tiempos de demora para los electores, además de dificultades para estacionarse llevando a que estos se ubiquen en lugares no establecidos. La situación anterior es explicable considerando un aumento significativo del flujo vehicular que tuvo un porcentaje de diferencia importante, alcanzando un *peak* en la mañana de más del 100% de aumento en el flujo vehicular como diferencia entre el día del Plebiscito y los dos domingos anteriores (Tabla 1).

Tabla 1. Variación de flujo vehicular entre día de Plebiscito 2020 y domingos previos.

Variación de Flujo	do 25-10-20 vs do 18-10-20	do 25-10-20 vs do 04-10-20
06:00 a 07:00	44,77	66,31
07:00 a 08:00	45,45	65,70
08:00 a 09:00	25,38	36,09
09:00 a 10:00	82,28	93,47
10:00 a 11:00	113,38	122,51
11:00 a 12:00	85,73	103,42
Promedio	66,17%	81,25%

Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

3. MARCO METODOLÓGICO

El desarrollo metodológico del presente trabajo consta de 5 etapas, los cuales se explican en esta sección: descripción y análisis del área de estudio, modelación del escenario base, planteamiento de escenario propuesto, modelamiento del escenario propuesto, y evaluación de las medidas propuestas obtenidas de la modelación.

3.1. Descripción y análisis del Área de Estudio

En primer lugar, se recopila la información disponible asociada a la situación actual de un día de elecciones en la comuna de San Miguel, permitiendo caracterizar y georreferenciar tanto los electores como los locales de votaciones asignados en función al padrón electoral del plebiscito 2020. Los datos del padrón y el listado de equipamientos que fueron utilizados como locales de votación se encuentran a disposición a través de los canales de comunicación con SERVEL.

En conjunto a esto, se analiza lo que conlleva las elecciones en la comuna respecto a la movilidad generada y los costos asociados al proceso. Para esto se definen las variables que intervienen en el proceso, tales como, la distancia que debe recorrer el elector, costos de transporte, frecuencia de transporte disponible y densidad poblacional.

3.2. Modelación de escenario base

Una vez caracterizadas las variables y parámetros, se realiza la modelación considerando el día del plebiscito 2020, con el fin de establecer los flujos de movilidad generados por los peatones, transporte público y privado. Para ello se utiliza el programa *PTV-Visum*, permitiendo un análisis cuantitativo de la movilidad de la comuna en condición de elecciones. La modelación nos permitirá calcular valores y realizar un análisis acabado del comportamiento de la población en un día de elecciones; todo esto considerando únicamente el área de circunscripción correspondiente a la comuna de San Miguel.

Este modelo se basa en el modelo de cuatro etapas de planificación de transporte, considerando la red vial y los siguientes modos de transporte: Metro, Bus, Caminata y Automóvil.

3.3. Planteamiento de escenario propuesto

Para proponer una nueva asignación de votantes a locales para mejorar la movilidad reduciendo los tiempos de viaje y sus efectos sobre los costos asociados al transporte en el día de elecciones, se plantea un nuevo escenario para analizar las posibles modificaciones que afectarían de manera positiva al ser aplicadas en la circunscripción. Para el escenario planteado se considera utilizar los locales ya determinados como local de votación dentro de la comuna para disminuir la distancia a los locales de votación, redistribuyendo a los votantes en función a su local más cercano a su residencia.

Los datos utilizados para la determinación de este nuevo escenario consisten en los datos georreferenciados del padrón electoral de la comuna, lo que es posible gracias a la dirección que presentan los electores en dicho padrón. Además, de la georreferenciación de los locales de votación que fueron los utilizados para el Plebiscito 2020.

Para determinar una mejor distribución se utiliza la modelación del Problema de Transporte (e.g., Hillier & Lieberman, 2021) implementado con Python. Esta nueva distribución de los votantes en locales de votación dentro de la comuna, tiene como fin establecer la localización óptima que considere la distancia entre los votantes y los locales de votación, generando una distribución optimizada de los votantes en los actuales locales de votación dentro del área de circunscripción actual.

3.4. Modelamiento de escenario propuesto

Definido el escenario utilizando las herramientas del software, se procede a tomar las consideraciones para cada escenario planteado; dado que existen distintas situaciones que pueden afectar los resultados tales como la cantidad de personas que asisten a votar y el modo que usan para transportarse a estos locales, lo cual debe considerarse para cada escenario planteado.

3.5. Evaluación de medidas propuestas

Se realizará una evaluación cuantitativa de los resultados obtenidos en los distintos escenarios incluyendo la situación actual de distribución de locales y de los locales asignados a los electores. Esta consiste en comparar los flujos que se producen dentro de la comuna en un día de elecciones

considerando los escenarios planteados y con ello determinar cuál es el que efectivamente disminuye la movilidad el día de votaciones.

4. ÁREA DE ESTUDIO: COMUNA DE SAN MIGUEL

La comuna de San Miguel se localiza en sector sur del Área Metropolitana de Santiago, siendo una comuna perteneciente al primer anillo de crecimiento urbano de la zona sur poniente de Santiago. Cuenta con una superficie de 963 ha, con el 100% de su suelo urbano y se caracteriza por ser una comuna de tipo residencial con gran diversidad de servicios.

Según el censo 2017, San Miguel cuenta con 107.954 habitantes. En cuanto a las proyecciones y estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), se proyecta una población de 133.059 habitantes para el año 2020 con una variación del 23,26% con respecto al año 2017, sobre la variación de la región y a nivel nacional.

En relación con la información electoral de la comuna, esta cuenta con un padrón de 104.331 personas en el caso del Plebiscito 2020. Donde un 52,5% de género femenino y un 47,5% masculino. En cuanto a la distribución espacial de la población contenida en el padrón, se observa que los votantes se localizan dentro de la comuna siendo 84,24% del padrón y fuera del área de la comuna en estudio con un 1,28% del padrón. Además de esto, se presenta que existen votantes los cuales no están asociados a una dirección con un 9,69%, o bien la dirección no existe. En su mayoría esto ocurre por mal ingreso de la información, sin poder identificar la dirección correcta. Esto último corresponde al 4,79% del padrón.

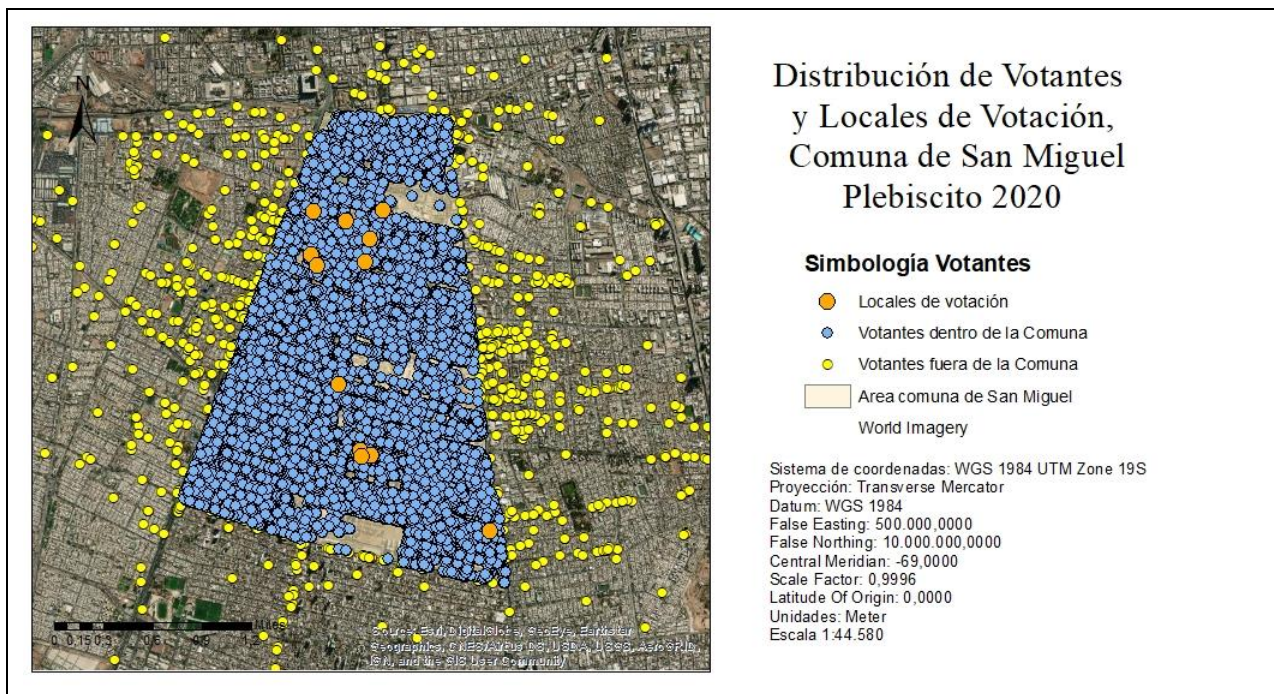


Figura 1. Distribución de votantes y locales de votación en la comuna de San Miguel.
 Fuente: Padrón electoral Plebiscito 2020, SERVEL; Elaboración propia.

Con respecto a la elección y designación de los locales de votación, para la pasada votación de plebiscito 2020, se contó con 15 locales de votación con un total de 303 mesas (lugar donde se realiza un sufragio), las cuales son distribuidas en los locales designados. Dentro de los 15 locales, 3 de estos son considerados dobles asignado la misma dirección, obteniendo así 12 locales físicos de votación (Figura 1).

5. MÉTODOS Y RESULTADOS

5.1. Modelación de escenario base

Para el modelo de movilidad generado para un día de elecciones, se utiliza el software *PTV-Visum*, herramienta de simulación que permite el análisis a nivel macroscópico del flujo y planificación de transporte. Se utiliza la red de transporte correspondiente a la comuna de San Miguel y la información de demanda proviene del padrón georreferenciado del plebiscito 2020. La modelación se basa en el modelo de cuatro etapas de planificación de transporte. La primera etapa contempla la generación y atracción de viajes; la segunda etapa establece la distribución de viajes entre zonas; mientras que la tercera etapa establece el reparto modal; y, por último, la cuarta etapa define la asignación de viajes.

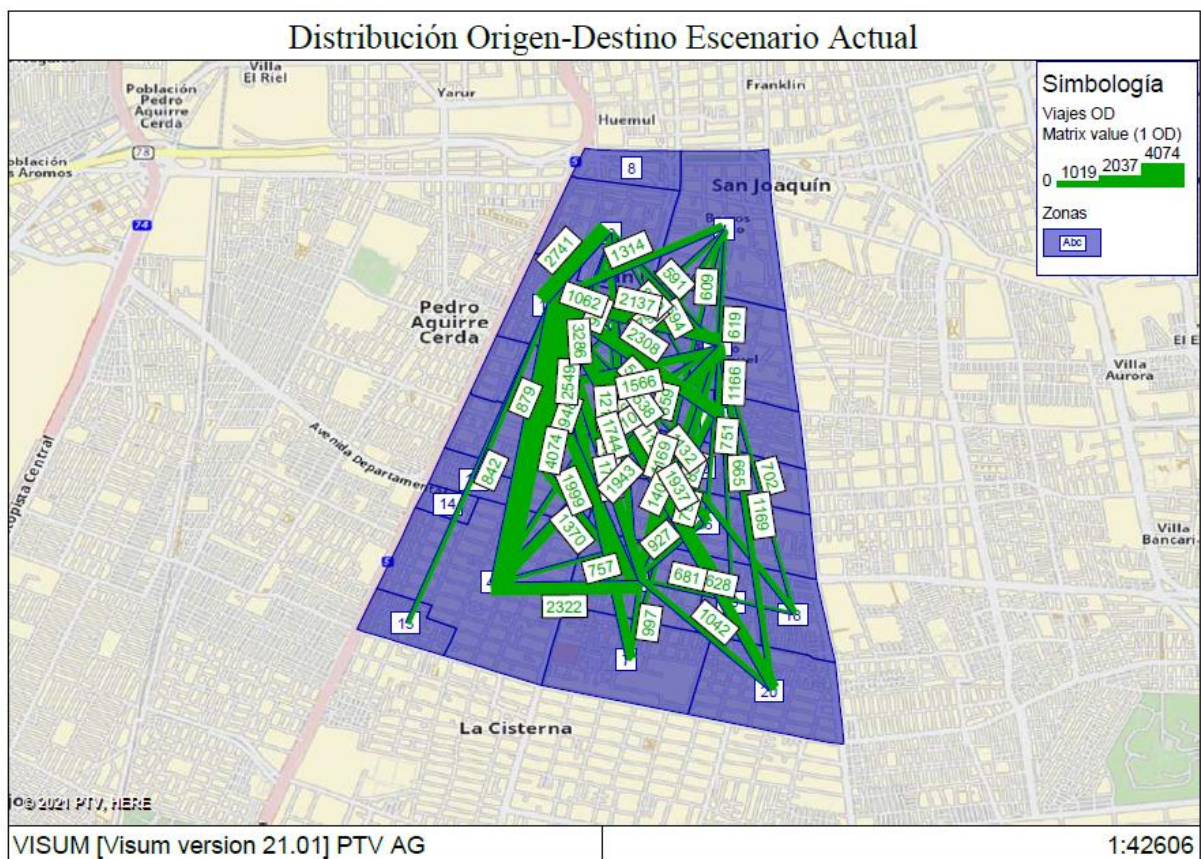


Figura 2. Distribución y zonas de viajes escenario actual.

Fuente: Unidades Vecinales comuna de San Miguel; Elaboración propia.

Atracción y generación de viajes: Se utilizan los locales de votación y la distribución espacial de la demanda (votantes) agrupadas en unidades vecinales. La información de demanda proviene del padrón del Serval, siendo los vectores de generación y atracción exógenos a la modelación.

Distribución de viajes: La zonificación considera 20 zonas, a partir de las unidades vecinales, para la matriz de origen destino. La distribución del escenario base proviene de la asignación hecha por el Serval, siendo también exógena a la modelación (Figura 2).

Partición modal: Para conocer los modos en que se realizan los viajes definidos en la matriz de distribución de viajes, se dividen los viajes en modos de transporte disponibles en la comuna. En el caso de este trabajo se consideran cuatro modos: caminata, transporte privado y transporte público, considerando en este último, el sistema de bus RED de Santiago y el Metro de Santiago.

La elección del modo de transporte a utilizar dependerá de los costos generalizados de un votante a su local de votación. Para esto, como funciones de utilidad, se utilizan las planteadas en el Análisis y actualización del modelo ESTRAUS (SECTRA, 2005).

En el caso de las últimas votaciones en Chile, el Metro, en el día de las elecciones, es gratuito. Esto conlleva una posible sobreestimación del uso de este modo, es por esto que se calculó la partición modal para estos dos casos (las funciones de utilidad consideran la tarifa del Metro y sin considerarla). Como resultado a esto, se obtiene la elección modal, para estos dos escenarios, dividiendo estos viajes en los 4 modos en estudio (Figura 3).

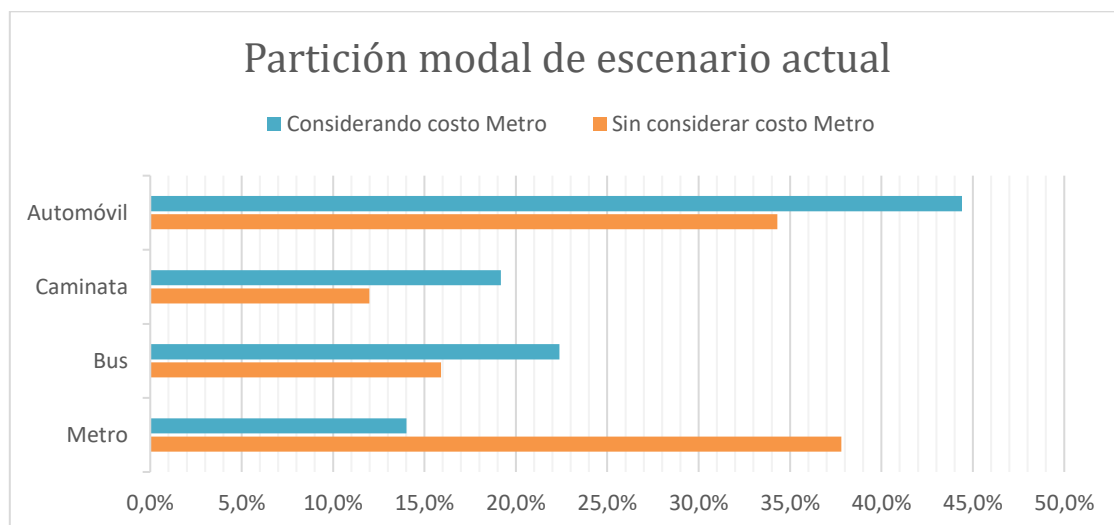


Figura 3. Resultados, en porcentaje, de partición modal situación actual Plebiscito 2020.

Fuente: Elaboración propia.

Al considerar la tarifa del metro en la función de utilidad, se obtiene una partición modal (barras azules de la Figura 3) donde un 44,41% de los viajes se producen por medio de automóvil, un 22,39% por medio de bus RED, un 19,18% por medio de caminata y finalmente un 14,01% se moviliza en metro. Por otro lado, sin considerar la tarifa del Metro (barras naranjas de la Figura 3) la partición modal se modifica en comparación a la anterior, obteniendo un mayor porcentaje de

viajes en Metro con un 37.81%, un 34,30% en transporte privado por medio del automóvil, un 15,90% por medio de bus y, finalmente, un 11.99% por medio de caminata.

Asignación: En base a la partición modal obtenida se realiza la asignación de viajes, identificando la ruta más atractiva de la red, donde las líneas son las vías principales de la comuna. Como resultado a esto se observa la movilidad de los votantes dentro de la comuna (Figura 4). Al analizar los viajes realizados en cada vía se puede observar una mayor concentración de estos en el eje central de la comuna Av. Gran avenida, seguida por el sector norponiente de la comuna.

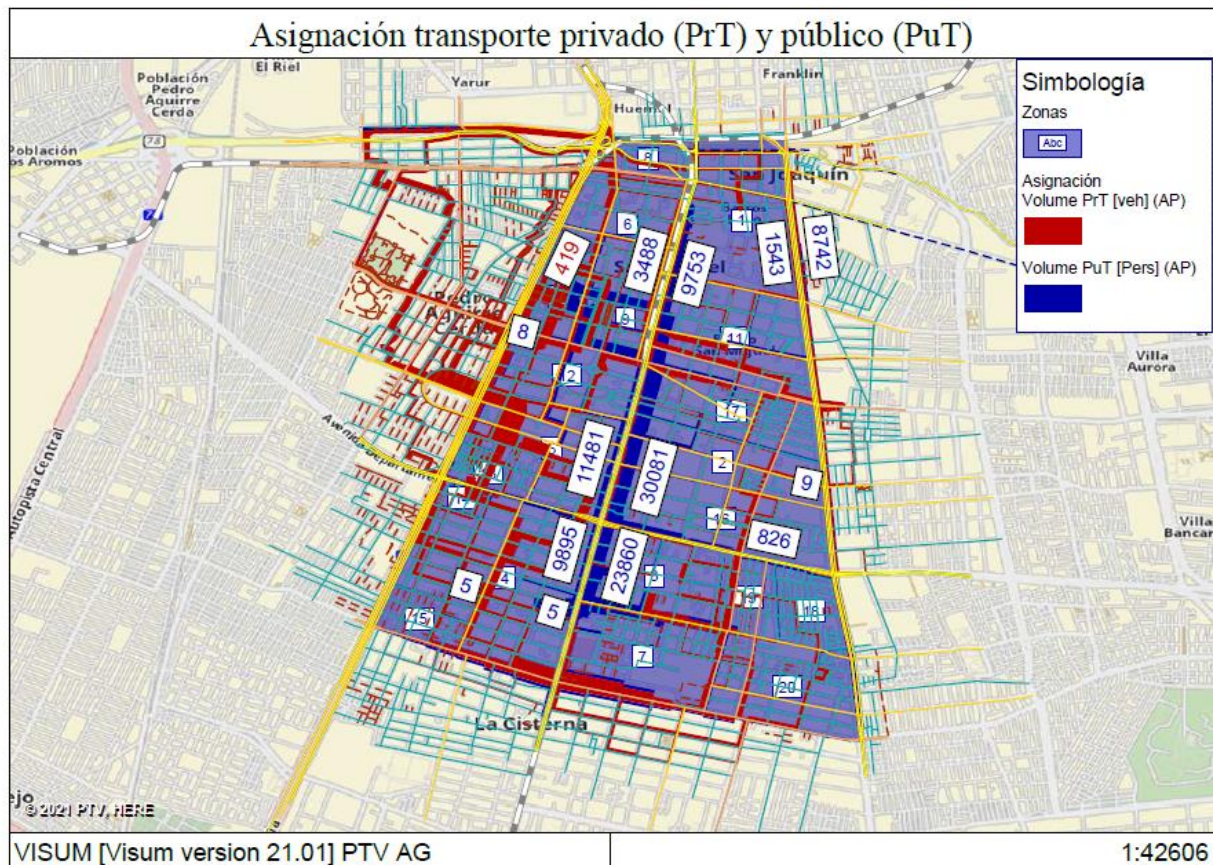


Figura 4. Asignación de modos de transporte escenario actual, caso sin tarifa de Metro.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Definición de Escenario propuesto

Para definir un nuevo escenario que mejore las condiciones de desplazamiento de los electores que se encuentran dentro de la comuna, se determinó una nueva matriz de distribución de los votantes que asisten desde cada zona definida a los colegios que son sede de votación dentro de la comuna. Para ello se resolvió el Problema de Transporte mediante una programación en Python, utilizando las librerías *Pulp* y *Pandas*. Se estableció como variables a las personas localizadas en cada zona cuyo destino corresponde a los colegios que estuvieron disponibles para votar el día del plebiscito en la comuna. De esta forma se definió como demanda a los votantes que se dirigen desde cada zona hacia los centros de votación, y a estos últimos como la oferta que se encuentra restringida por la cantidad de electores que puede recibir cada colegio (el valor de máximo de demanda para

cada local de votación es determinado por Servel); es decir, se requiere asignar toda la demanda, pero sin que esto implique cubrir la oferta total (capacidad de electores) de cada colegio (Tabla 2).

Teniendo en consideración que el Problema de Transporte requiere una matriz de costos, se consideró la matriz de distancias existente entre los votantes de cada zona y los colegios. Para establecer esta distancia se utilizó ArcGIS con el cual se determinó la distancia euclidiana existente entre el centroide de cada zona y los locales de votación.

Tabla 2. Capacidad de votantes, en número de electores, de los locales de votación.

Local	Destino	Zona donde se localiza	Capacidad
COLEGIO CHILE	A	16	4557
COLEGIO PARROQUIAL SAN MIGUEL	B	1	9332
COLEGIO SANTO CURA DE ARS	C	3	8320
COLEGIO TOMAS MORO	D	3	6546
ESCUELA BASICA MUNICIPAL PABLO NERUDA	E	3	8318
ESCUELA DE LA INDUSTRIA GRAFICA HECTOR GOMEZ	F	10	7940
ESCUELA GENERAL BASICA SANTA FE	G	20	3447
ESCUELA LLANO SUBERCASEAUX	H	10	12404
INSTITUTO MIGUEL LEON PRADO	I	11	8278
INSTITUTO SUPERIOR DE COMERCIO DE CHILE	J	11	8960
LICEO ANDRES BELLO	K	6	11033
LICEO BETSABE HORMAZABAL DE ALARCON	L	10	15196

Fuente: Elaboración propia basado en datos de Municipalidad de San Miguel.

Tabla 3. Matriz de distribución de escenario propuesto.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0	3925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1768	0	0
3	0	0	3312	0	1648	0	0	0	0	0	0	0
4	4557	0	5008	0	0	1155	0	0	0	713	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6787
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6416	0
7	0	0	0	0	4881	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2848	0
10	0	0	0	0	0	0	0	2295	0	0	0	0
11	0	2066	0	0	0	0	0	0	3860	0	0	0
12	0	0	0	0	0	894	0	0	0	0	0	8409
13	0	0	0	0	0	2657	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	991	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	2243	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4311	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	4418	2168	0	0
18	0	0	0	3241	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	3209	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	96	1789	0	3447	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

El programa definido en Python minimiza el costo total, entregando como resultado la cantidad de votantes que deben ir desde cada zona a cada colegio de votación (matriz de distribución), dando como resultado una matriz cuyo origen corresponde a la zona mientras que el destino corresponde al colegio que es sede de votación.

5.3. Modelamiento de escenario propuesto

En base a la modelación obtenida del Problema de Transporte, se propone nuevo escenario que define una nueva matriz origen destino (matriz de distribución) con equivalente número de zonas de viajes respecto al escenario base (Figura 5).

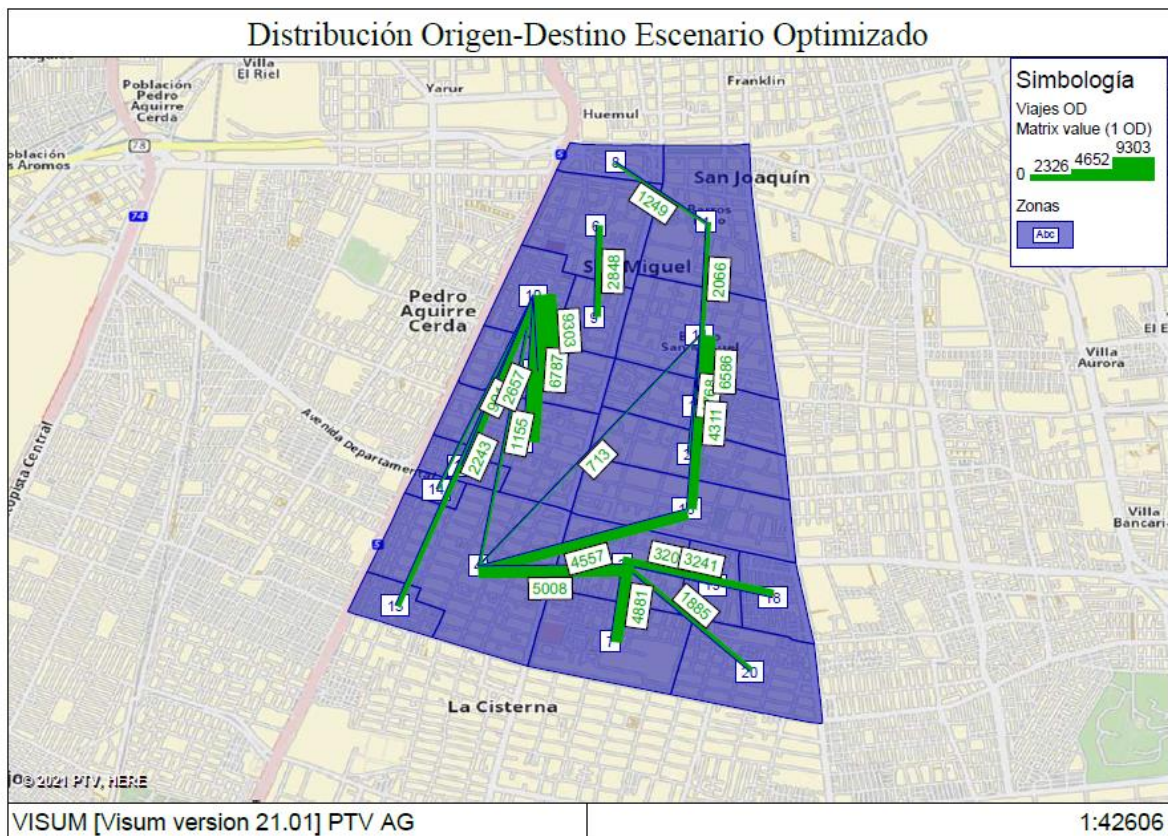


Figura 5. Distribución y zonas de viajes escenario optimizado.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la partición modal de este nuevo escenario, se observa que en el caso de considerar la tarifa de METRO se obtiene una partición modal (barras azules de la Figura 6) donde el 38.66% de los viajes se realizan por medio de caminata, un 24.01% por medio de automóvil, un 19.53% en METRO y, un 17.80% en bus RED. Por otro lado, al considerar la tarifa (barras naranjas de la Figura 6) esta cambia siendo el modo de transporte METRO el de mayor porcentaje con un 49.49% de los viajes, un 24,17% por medio de caminata, un 15.78% por medio de automóvil y, un 10.56% en bus RED.

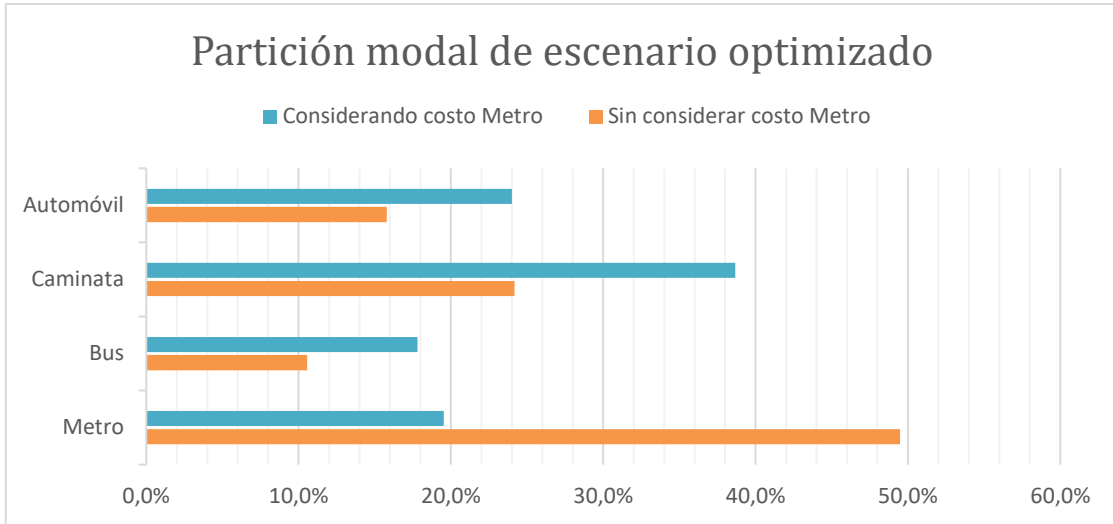


Figura 6. Resultados, en porcentaje, de partición modal de escenario optimizado.
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la asignación de los viajes con este nuevo escenario (Figura 7) se observa una mayor distribución del flujo dentro de la comuna y disminuyendo notoriamente el flujo por el eje central de Gran Avenida en comparación del caso actual.

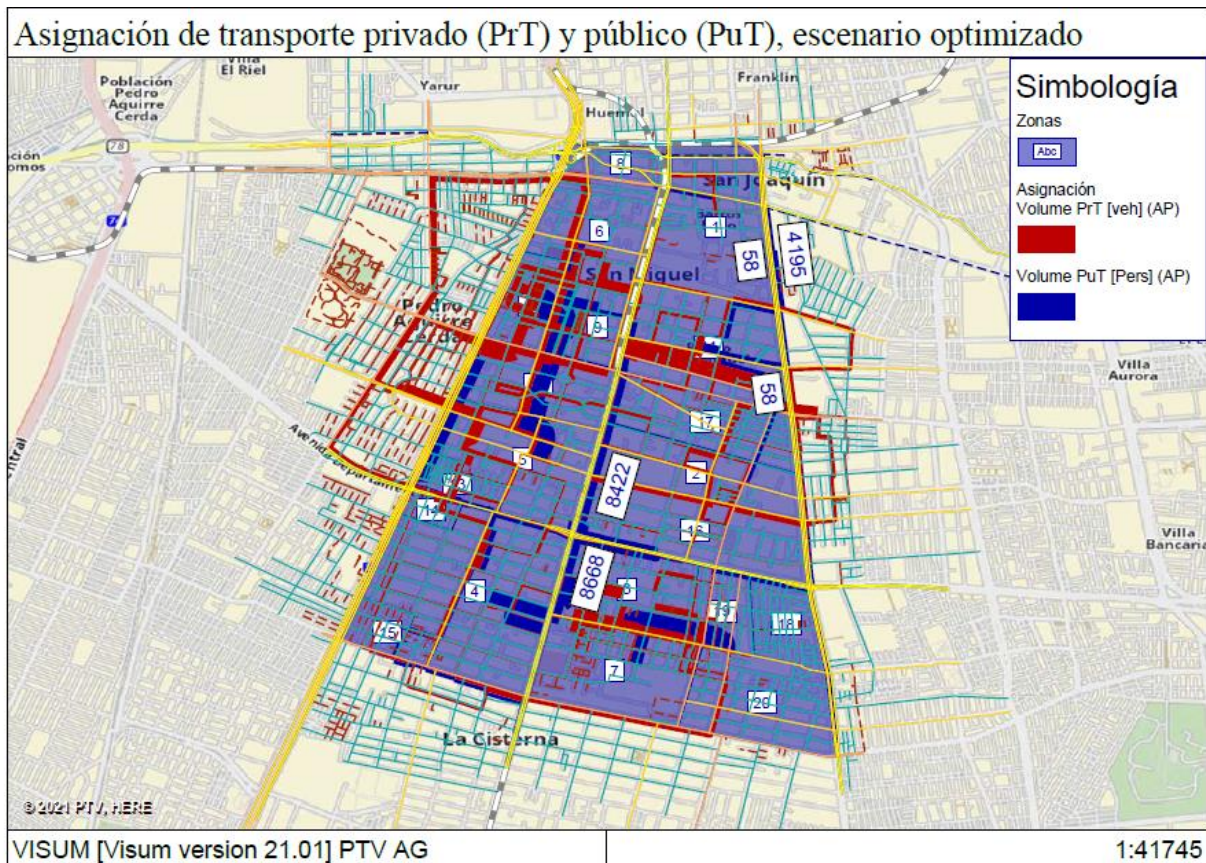


Figura 7. Asignación de modos de transporte escenario optimizado, caso sin tarifa de Metro.
Fuente: Elaboración propia.

5.4. Evaluación de medidas propuestas

Para evaluar este nuevo escenario y compararlo con el escenario actual, específicamente, con el caso sin considerar la tarifa de METRO, se calculó el tiempo medio de viaje ponderado siendo el promedio del tiempo de viaje entre zonas por el número de viajes que se generan en las zonas. Como resultado de esto, al comparar los dos escenarios, se observa una disminución del 46,11% en el tiempo medio de viaje del sistema en relación con el caso actual.

Con respecto al tiempo medio de viaje por cada modo (Figura 8), se observa que el que presenta una mayor disminución es el modo de caminata, llegando a disminuir un 63,26% de su tiempo medio de viaje ponderado; esto dado a que las distancias a recorrer son menores permitiendo que estos se movilen de mejor manera. Seguido a este modo se encuentra el METRO, el cual presenta una disminución de un 51,05%, dado que las distancias a recorrer en base a la nueva distribución no requieren un mayor movimiento en el eje central de la comuna donde se localiza. En cuanto a los tiempos medios de viajes en automóvil estos disminuyen un 42,7% y, finalmente, el tiempo medio en bus con un 33,91%, siendo el modo que presenta la menor variación en el tiempo.

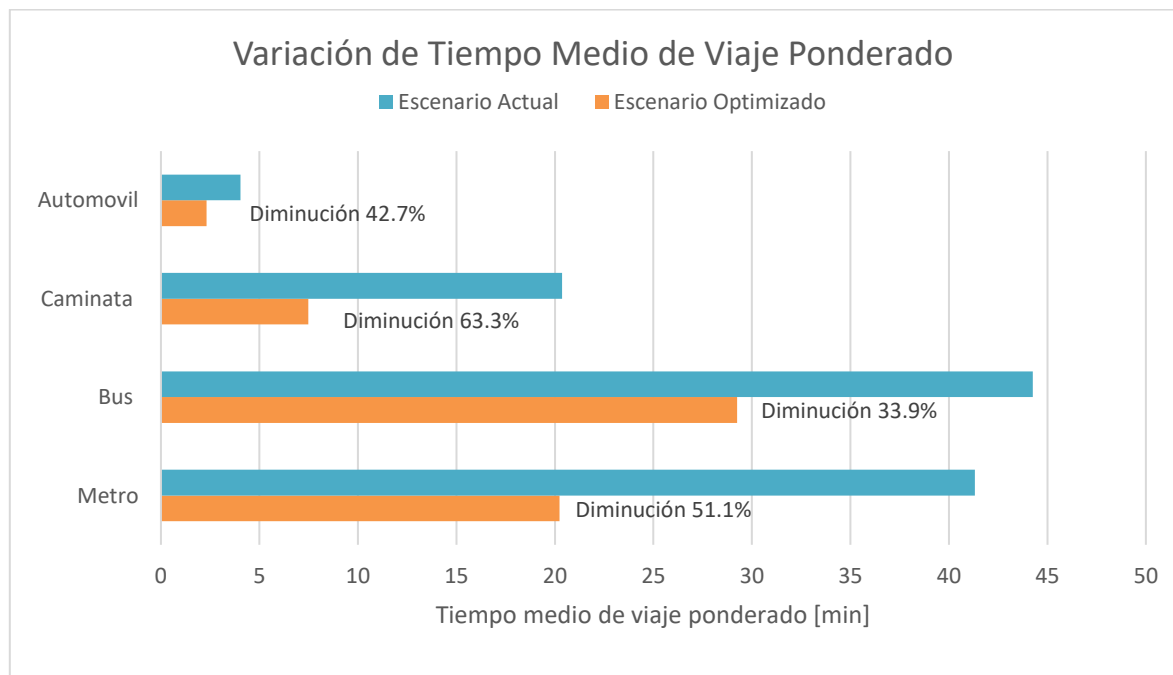


Figura 8. Variación de tiempos medios de viajes ponderados, en minutos, para escenarios estudiados.

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo de una nueva metodología permite reducir los tiempos de viaje del elector hacia su local asignado, optimizando su asignación en base a la distancia. Al evaluar los resultados obtenidos, se puede afirmar que la distribución dentro del área de circunscripción tiene un significativo efecto en la movilidad de los votantes.

La modelación mediante el software *Visum* permitió comparar los dos escenarios, dando como resultado una mejora en la movilidad, reduciendo los tiempos de viaje y flujos, al determinar una nueva distribución de los votantes, basado en la resolución del problema de transporte optimizando la distancia. Dicho resultado indica que es necesaria una nueva distribución de los electores dentro de la circunscripción y, esta debe considerar variables geoespaciales como la distancia. Esto es observable en la disminución general que tuvieron los tiempos medios de viajes del sistema presentando una disminución del 46% y, en cada uno de los modos que fueron evaluados dentro del modelo, con valores porcentuales que oscilan entre un 33% y un 63%.

Dentro de las posibilidades de trabajo futuro, se debe analizar la propuesta de otros escenarios donde se reevalúe la cobertura de los inmuebles que son sede de votación, de forma de maximizar la cobertura del área dentro de la comuna. Esto puede ser a través de la elección de sedes por zona vecinal, o a través de la determinación de un mínimo de colegios necesarios para llevar a cabo una elección.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el Proyecto N°092112MT del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (DICYT) de la Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad de Santiago de Chile (USACH). Además, los autores agradecen a la empresa PTV Group facilitar el software de modelación *Visum* utilizado en el trabajo.

REFERENCIAS

Hillier, F. S., & Lieberman, G. (2021). *Introduction to operations research*. McGraw Hill.

Labarca, R. (2018) **Incidencia de factores socioeconómicos y costo de votar en la participación electoral en Chile**. Tesis Postgrado, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

MinInterior (1985) **Ley Orgánica Constitucional del Tribunal Calificador de Elecciones**, Ley 18.460. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Chile.

MinInterior (1986) **Ley Orgánica Constitucional Sobre Sistema de Inscripciones Electorales y Servicio Electoral**, Ley 18.556. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Chile.

MinInterior (1988) **Ley Orgánica Constitucional Sobre Votaciones Populares y Escrutinios**, Ley 18.700. Ministerio del Interior y Seguridad Pública, Chile.

MTT (2020a). **Gobierno anuncia gratuidad en Metro de Santiago, Metro Valparaíso, MetroTren Nos, MetroTren Rancagua y Biotren para el plebiscito de este domingo**. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/26844>

MTT (2020b). **Operación transporte público – Reporte 20:00 hrs.** Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/26908>

Plebiscito 2020: Servel trabaja en un aumento de 10% de locales de votación - La Tercera. (2020). Consultado 10 de septiembre, 2021, <https://www.latercera.com/nacional/noticia/plebiscito-2020-servel-trabaja-en-un-aumento-de-10-de-locales-de-votacion/VF72RTVQJZE47FJONQ2AHHFZ4M>.

SECTRA (2005). **Análisis y Actualización del Modelo ESTRAUS.** Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

SEGPRES (2012) **Regula la Inscripción Automática, Modifica el Servicio Electoral y Moderniza el Sistema de Votaciones,** Ley 20.568. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Chile.

SERVEL (2020), **Subdirectora de Registro, Inscripciones y Acto Electoral.** Servicio Electoral de Chile, Transparencia Servel. Servel, Respuesta Solicitud Transparencia N AB-006W0000863.