

VALORACIÓN DE ATRIBUTOS URBANOS Y PSICOSOCIALES EN UN PROYECTO DE TRANSPORTE URBANO: CASO CIUDAD DE CHILLÁN

A. Soto Espinoza ¹, A. Tapia Riffo ²

RESUMEN

Las nuevas tendencias en proyectos de transporte urbano impulsan no solo el desarrollo de infraestructura vial, sino también la movilidad sostenible, promoviendo la mejora de las zonas de esparcimiento y generando un impacto directo en la calidad de vida en las ciudades. Se ha demostrado que este tipo de iniciativas, no solo mejora la calidad ambiental y social de la vida urbana, sino que también generan beneficios económicos significativos, generalmente subestimados o descartados en metodologías tradicionales. Por otra parte, el comportamiento de los usuarios depende de factores contextuales y psicosociales. Estos últimos suelen omitirse por su compleja cuantificación, aunque son clave para estimar la demanda de transporte, pese a las dificultades de integrarlos en la evaluación de proyectos urbanos en Chile. La metodología de evaluación en los proyectos de transporte urbano en Chile suele centrarse únicamente en beneficios operativos del transporte motorizado; como el tiempo de viaje, consumo de combustible y otros costos operacionales, omitiendo la influencia del factor psicosocial subestimando los beneficios del proyecto. Es por ello que esta investigación propone examinar el impacto de incluir atributos urbanos y psicosociales en el análisis económico de un proyecto de infraestructura de transporte, como para este caso es el “2° Anillo vial” en la ciudad de Chillán, a través de una encuesta de preferencias declaradas, y un modelo de elección discreta, donde se estima la contribución marginal de cada atributo en la evaluación del proyecto. Los resultados indican que incluir estas variables aumentan los beneficios y por ende una mayor rentabilidad, evidenciando la necesidad de actualizar las metodologías tradicionales de evaluación.

PALABRAS CLAVES: Atributos Urbanos, Modelos de elección discreta, Factores Psicosociales

ABSTRACT

New trends in urban transportation projects not only drive the development of road infrastructure but also promote sustainable mobility, enhancing recreational areas and directly impacting the quality of life in cities. It has been demonstrated that such initiatives not only improve the environmental and social quality of urban life but also generate significant economic benefits, which are generally underestimated or overlooked in traditional methodologies. On the other hand, user behavior depends on contextual and psychosocial factors. The latter are often omitted due to their complex quantification, even though they are key to estimating transportation demand, despite the challenges of integrating them into the evaluation of urban projects in Chile. The evaluation methodology for urban transportation projects in Chile typically focuses solely on the operational benefits of motorized transport, such as travel time, fuel consumption, and other operational costs, neglecting the influence of psychosocial factors and underestimating the project's benefits. Therefore, this research proposes examining the impact of including urban and psychosocial attributes in the economic analysis of a transportation infrastructure project, such as the “2do Anillo vial” (2nd Road Ring) in the city of Chillán, through a stated preference survey and a discrete choice model. This approach estimates the marginal contribution of each attribute to the project's evaluation. The results indicate that incorporating these variables increases the benefits and, consequently, profitability, highlighting the need to update traditional evaluation methodologies.

KEYWORDS: Urban Attributes, Discrete Choice Models, Psychosocial Factors

1. INTRODUCCIÓN

El creciente uso del automóvil ha generado impactos negativos en las ciudades, como contaminación, congestión vehicular y otros efectos que deterioran la calidad de vida de la población. Estos problemas han impulsado medidas para gestionar la demanda y reducir la dependencia del automóvil, fomentando modos alternativos que disminuyen la congestión y la polución, generando beneficios para la salud (Krizec, 2007).

En particular, el Instituto de Nacional de Estadísticas (INE) a través de un reporte de datos de los años 2018 al 2021, destaca un aumento del parque automotriz en la región del Ñuble, especialmente en la ciudad de Chillán tras ser designada como capital regional, registra un aumento en la congestión vehicular en al menos un 23% (Mardones, 2023). En respuesta, el plan de inversiones de vialidad y áreas verdes para Chillán y Chillán Viejo propone implementar un sistema integrado de movilidad que combine parques y corredores ambientales, promoviendo la conectividad urbana y preservando el valor ecológico (PRICH, 2019). En este contexto, las áreas verdes y otros atributos urbanos son cada vez más valorados debido a su impacto positivo en el entorno y en la calidad de vida de los ciudadanos (Krekel et al., 2016; Mullaney et al., 2015). Navarro (2016) desarrolló una metodología para evaluar cuantitativamente atributos urbanos en proyectos de transporte mediante encuestas de preferencias declaradas y modelos de elección discreta. Estudios preliminares en Concepción y Chillán evidenciaron un aumento en el VAN al incorporar estos atributos, demostrando los beneficios adicionales ignorados por las evaluaciones tradicionales centradas en costos y beneficios (Maldonado, 2021; Padilla, 2024).

Las metodologías de evaluación económica actuales suelen considerar los atributos urbanos únicamente como costos, ignorando los beneficios adicionales que aportan a los usuarios, lo que genera una subestimación de los beneficios. Esta tendencia se debe a que los modelos de elección discreta generalmente priorizan atributos instrumentales como el tiempo de viaje y el consumo de combustible, dejando de lado aspectos subjetivos y psicosociales (Zhou et al., 2012). La valoración de los beneficios urbanos es compleja porque depende de la percepción subjetiva de los usuarios. (Torben, 1999). Incluir factores psicosociales ofrecen una representación más precisa del comportamiento en la elección de transporte, según la teoría del comportamiento interpersonal de Triandis (1977) (Domarchi, 2007).

En el marco de esta investigación, se recolectaron las preferencias de los usuarios ante atributos urbanos y aspectos psicosociales como la actitud, su rol en la sociedad, entre otros, mediante una encuesta de preferencias declaradas (PD). Los datos fueron procesados a través de modelos de elección discreta, permitiendo estimar la contribución marginal de cada atributo influenciado por el aspecto psicosocial y el impacto causado en la evaluación de proyectos de transporte urbano. El objetivo de esta investigación es analizar cómo la incorporación de atributos urbanos y psicosociales pueden influir en la evaluación económica, tomando como ejemplo al proyecto “2° Anillo vial”, el cual se destaca como prioridad por la comunidad debido a su capacidad de mejorar la circulación y por su resguardo ecológico al incorporar áreas verdes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

Evaluar el impacto de incorporar atributos urbanos y psicosociales en la evaluación económica de un proyecto de transporte urbano.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica acerca de la valoración tanto de otros atributos como de variables psicosociales asociados a un proyecto de infraestructura verde.
- Realizar una revisión bibliográfica de los proyectos asociados al “2° Anillo vial”.
- Realizar una base de datos mediante una encuesta de preferencias declaradas en cuanto a los atributos de interés presentados en el proyecto.
- Realizar un modelo de elección discreta en base a los datos obtenidos en la encuesta PD y obtener la valoración de otros atributos y de las variables psicosociales.
- Estudiar el impacto de las variables de personalidad en los indicadores de rentabilidad del proyecto de infraestructura verde utilizando los beneficios asociados a los atributos urbanos.

3. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se procede a la síntesis teórica de las metodologías empleadas en esta investigación. Se ha determinado que la técnica más eficiente para este estudio es en base a modelos de elección discreta, con datos obtenidos a través de una encuesta de preferencias declaradas a los usuarios.

3.1 Modelos de Elección discreta

La teoría de utilidad aleatoria (Domencich y McFadden, 1975), es el marco teórico donde se sustentan los modelos de elección discreta. Se basa en que los individuos bajo condiciones donde tienen toda la información para hacer una elección elegirán siempre la opción que para ellos es más beneficiosa, dándole la mayor utilidad personal. Cada opción presentada se describe en base a sus características y a la importancia relativa de cada una de ellas, esto es llamado función de utilidad, la cual representa el beneficio que le aporta a la persona.

Los modelos de elección discreta se utilizan para comprender y predecir cómo los individuos eligen una opción dentro de un set determinado de alternativas. Las alternativas, por sí mismas no producen utilidad, sino que viene derivada de sus características y cómo ésta repercute en el usuario (Lancaster, 1966).

3.2 Modelo Logit Multinomial (MNL)

El Modelo Logit Multinomial (MNL), es el más sencillo y el más usado de los modelos de elección discreta. Funciona en base al supuesto de que el error de la función de utilidad se distribuye Gumbel independiente e idéntico (IID) (Ortúzar & Willumsen, 2011). Al utilizar esta distribución, la probabilidad de que el individuo elija la alternativa i , es P_{iq} , presentado por la ecuación 1.

$$P_{iq} = \frac{e^{\lambda V_{iq}}}{\sum_{A_j \in A(q)} e^{\lambda V_{jq}}}, \quad (\text{Ec.1})$$

En donde λ es el parámetro de escala que relaciona de forma inversamente proporcional a la desviación estándar de la distribución (σ), la cual se explica en la sección siguiente.

3.2.1 Escalamiento de los modelos Logit

En marco de la teoría de la utilidad aleatoria, la utilidad U_{iq} representa la maximización de bienestar al elegir la alternativa i . Si los errores ε_{iq} siguen una distribución Gumbel con media cero y varianza σ^2 , se obtiene el modelo Logit Multinomial (Ortúzar y Willumsen, 2011) y cuando esta es desconocida, β no puede estimarse independientemente de los coeficientes de los atributos θ , por ello comúnmente se asume $\beta=1$.

Al trabajar con datos heterogéneos provenientes de distintas poblaciones o encuestas, no es adecuado suponer una distribución uniforme de los errores. Esto ocurre al combinar Preferencias Declaradas (elecciones hipotéticas) con Preferencias Reveladas (elecciones reales), o al analizar grupos con diferencias socioeconómicas significativas. Estimar las utilidades de forma independiente para cada grupo puede generar discrepancias en los coeficientes β , reflejando diferencias en la escala de los parámetros. Ignorar este efecto resulta en estimaciones sesgadas y en la obtención de pseudo-utilidades en lugar de valores reales (Swait y Louviere, 1993). La estimación conjunta, conocida como "estimación mixta", considera las características específicas de cada conjunto de datos, mejora la precisión y clasifica los datos en primarios (que informan directamente los parámetros) y secundarios (que complementan la información) (Ortúzar y Willumsen, 2011). Dado que las varianzas suelen diferir, una posible solución es establecer una relación entre ellas, como sugirieron Ben Akiva y Morikawa (1990).

El factor de escalamiento μ se emplea para relacionar las varianzas entre diferentes poblaciones igualando los errores asociados a distintos tipos de datos. Este proceso, conocido como escalamiento de modelos Logit, asegura que las varianzas sean equivalentes. Así, si U_{iq}^a representa la utilidad del tipo de dato "a" y W_{iq}^b la del tipo "b," la ecuación puede reformularse en consecuencia de la siguiente manera:

$$U_{iq}^a = V_{iq} + \varepsilon_{iq} = \theta X_{iq}^a + \alpha Y_{iq}^a + \varepsilon_{iq} \quad (\text{Ec.2})$$

$$\mu W_{iq}^b = \mu(Y_{iq} + \eta_{iq}) = \mu(\theta X_{iq}^b + \phi Z_{iq}^b + \eta_{iq}) \quad (\text{Ec.3})$$

donde, θ , α y ϕ son los parámetros por estimar, X_{iq}^a y X_{iq}^b son los atributos comunes para ambos datos, Y_{iq}^a y Z_{iq}^b son los atributos que son distintos para ambos datos. Por último ε_{iq} y η_{iq} corresponden al error asociado.

A partir de las expresiones anteriores, se puede llevar a cabo la estimación de la función de verosimilitud conjunta para el conjunto de alternativas j (Ben Akiva y Morikawa, 1990).

$$L(\theta, \mu) = \left(\prod_{q=1}^{N_a} \prod_j P_{iq}^a \right) * \left(\prod_{q=1}^{N_b} \prod_j P_{iq}^b \right) \quad (\text{Ec.4})$$

Donde N es el índice de los individuos, j es el conjunto de alternativas disponibles y P_{iq} indica la probabilidad de elección de la alternativa j por el individuo i .

Es importante notar que la función de verosimilitud es no lineal debido a la multiplicación de μ con los coeficientes. Para su estimación se recurre comúnmente a dos técnicas: la estimación simultánea mediante el uso del Logit Jerárquico (Bradley y Daly, 1997) y la estimación secuencial (Ben Akiva y Morikawa, 1990). Esta última es la que se utiliza en este trabajo.

3.2.2 Análisis comparativo estadístico de modelos

La prueba de razón de verosimilitud es una forma común de evaluar si un modelo estimado con variables explicativas ajusta mejor los datos que un modelo nulo. Esta prueba se relaciona con el estadístico χ^2 el cual cuantifica la discrepancia entre las observaciones reales y las esperadas en un conjunto de datos. Esta prueba se expresa de la siguiente manera en la ecuación 5.

$$LR = -2 * (LL(\theta_r) - LL(\theta_g)) \sim \chi^2, \alpha 2 \quad (\text{Ec.5})$$

En esta fórmula, $LL(\theta_r)$ representa el logaritmo de la verosimilitud del modelo restringido, mientras que $LL(\theta_g)$ corresponde al logaritmo de la verosimilitud del modelo general. De tal manera el valor resultante de LR sigue una distribución χ^2 .

3.3 Estimación de los atributos

La estimación de los atributos se obtiene mediante el método de máxima verosimilitud LL expresada en la ecuación 6, se determina como el producto de las probabilidades de cada alternativa i . Esta aplicación se sustenta con el supuesto de independencia entre las observaciones.

$$\max(LL) = \max(\log(\prod_{iq} P_{iq})) \quad (\text{Ec.6})$$

Se procede a maximizar el logaritmo natural de la función de verosimilitud condicional, denotado como $LL(*)$, con el fin de obtener el óptimo, también conocido como log-verosimilitud. Esta medida destaca por su facilidad de manipulación en el contexto de análisis estadístico. Se establece que θ^* representa el vector de coeficientes que encapsula la contribución de los atributos que integran la función de utilidad, denotada como V_{iq} . A esta función se le asocia una prueba estadística ρ^2 que se expresa como:

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL(\theta^*)}{LL(C)}, \quad (\text{Ec.7})$$

Donde, $LL(C)$ es modelo conformado sólo por constantes. Este índice compara el modelo con otro más simple en el óptimo. La estimación tendrá un mejor ajuste si ρ^2 posee un valor cercano a 1, pero con valores mayores a 0,4 se consideran aceptables (Orúzar y Willumsem, 2011).

3.3.1 Atributos relevantes en un proyecto de transporte urbano

El proceso de selección de atributos para esta investigación se realizó comparando los atributos del proyecto “2° Anillo vial” (PRICH, 2019) con los atributos propuestos por autores en la temática (Navarro, 2016), identificando en este proceso 5 atributos clave: áreas verdes, ciclovías, tiempo de viaje, valor del arriendo y valor de viaje. La elección de estos atributos responde a las necesidades de la población: las áreas verdes son esenciales para la salud mental y física, mejoran el aire y el clima urbano, fomentan la biodiversidad y promueven la cohesión social. Las ciclovías mejoran la seguridad vial y apoyan un transporte sostenible. Un tiempo de viaje eficiente aumenta la productividad diaria. El costo de viaje afecta la calidad de vida, por lo que es importante conocer la percepción de las personas sobre estos gastos y su relación con la infraestructura urbana. En este contexto, para conocer la disposición a pagar por atributos urbanos, se ha trazado la relación entre los proyectos urbanos cercanos a residencias y el cambio en su plusvalía, reflejando una clara afinidad indirecta. Es por ello que el costo de arriendo, en el caso chileno, permite cuantificar la disposición a pago de atributos (Galilea & Ortúzar, 2005; Torres, Greene, & Ortúzar, 2013).

3.4 Encuestas de preferencias declaradas

Las encuestas de comportamiento analizan cómo distintas variables afectan las decisiones individuales y se dividen en Preferencias Reveladas (PR), basadas en elecciones reales, y Preferencias Declaradas (PD), centradas en escenarios hipotéticos (Ortúzar, Martínez y Varela, 2000). Las encuestas PD permiten explorar situaciones no existentes mediante la estimación de parámetros θ asociados a los atributos del estudio (Navarro, 2016). Aunque útiles para prever comportamientos, estas encuestas enfrentan el reto de posibles sesgos que podrían comprometer la validez de los resultados (Pompilio Sartori, 2006). El diseño de encuestas PD maximiza la información obtenida con pocas observaciones. Seleccionar niveles de atributos cuidadosamente garantiza estimaciones precisas (Ortúzar, Martínez y Varela, 2000). En este estudio se utilizó un diseño eficiente por su capacidad de equilibrar simplicidad y precisión en la recopilación de datos

3.4.1 Diseño Eficiente

El diseño eficiente tiene como objetivo minimizar los errores estándar, lo que maximiza los t-ratios asintóticos. A partir de la obtención de la matriz asintótica de varianza-covarianza (AVC) se busca minimizar sus determinantes a través del D-error. Se han realizado varias formas de comprobar la eficiencia de modelo, pero la más utilizada es minimizando este factor. Otra forma usada es el A-error, que busca minimizar la suma de los errores, los cuales son representados en la diagonal de la matriz AVC (Bliemer & Rose, 2010). Estas dos formas son representadas en las ecuaciones 8 y 9 siguientes.

$$D - error = (\det \det (\Omega_N))^{-\frac{1}{K}} \quad (\text{Ec.8})$$

$$A - error = \frac{\text{tr}(\Omega_N)}{K}, \quad (\text{Ec.9})$$

En donde (Ω_N) , representa la matriz AVC, N es la cantidad de encuestados y K son los parámetros a estimar.

3.5 Disposición a pago

La disposición a pagar, también conocida como "willingness to pay" (WTP), representa el precio máximo al cual un consumidor se compromete a adquirir definitivamente una unidad de un producto. Es importante destacar que esta disposición es una construcción que se encuentra intrínsecamente vinculada al contexto en el cual se desenvuelve (Sillano & Ortúzar, 2003). En el marco del presente estudio, la cuantificación de la disposición a pagar se lleva a cabo mediante el cálculo de los parámetros estimados, los cuales se encuentran asociados a los atributos pertinentes al caso en consideración. Es esencial destacar que la factibilidad de este proceso requiere la presencia de algún costo o precio dentro de los estimadores utilizados en la investigación.

Para un modelo MNL simple, la disposición a pagar del atributo k para la alternativa j se puede expresar en la ecuación 10 como:

$$WTP_{jk} = -\frac{\theta_{jk}}{\theta_{jc}} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde θ_{jk} y θ_{jc} son los parámetros estimados del atributo de interés y el costo, respectivamente, es decir que representan las utilidades marginales de cada uno de los atributos para los individuos.

3.6 Teoría de Triandis

En psicología social, las actitudes, entendidas como la respuesta conductual de un individuo hacia un objeto, son consideradas relevantes para predecir su comportamiento, ya que se espera una relación causa-efecto. Estas respuestas se basan en la percepción conductual, cognitiva y afectiva del objeto. Sin embargo, esta relación no siempre es directa, ya que factores externos e internos pueden influir en el individuo y generar comportamientos distintos a los esperados (Gärling et al., 1998; Ben Akiva et al., 1999; Anable y Gatersleben, 2005).

La Teoría del Comportamiento Interpersonal de Triandis (TCI) ofrece una visión más integral del comportamiento individual, destacando la intención como un factor clave en la conducta observable. Además, resalta que el comportamiento pasado afecta las decisiones futuras, donde los hábitos juegan un rol intermediario. A medida que la conducta se vuelve más habitual, su relación con la intención disminuye (Triandis, 1977). Tanto la intención como los hábitos están condicionados por factores facilitadores, que influyen en la capacidad del individuo para llevar a cabo ciertas acciones. Estos elementos interactúan e integran en un modelo para predecir una conducta específica.

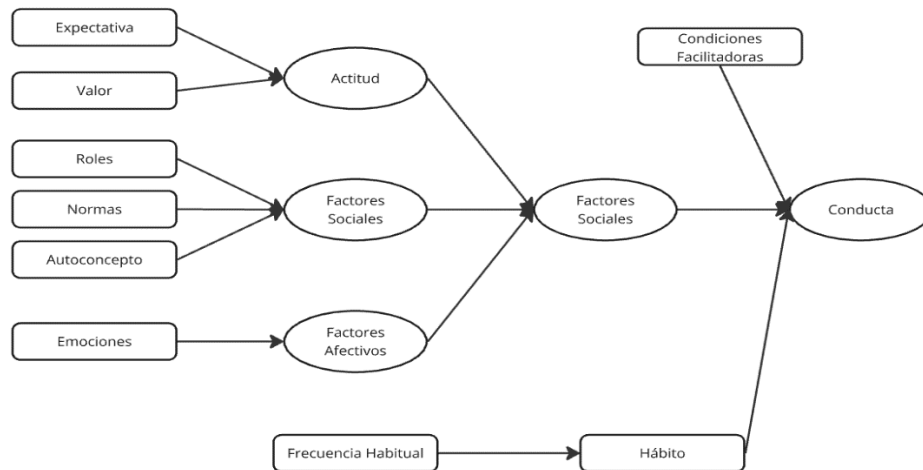


Figura N° 1: Teoría del comportamiento interpersonal de Triandis (adaptado de Jackson, 2004)

Como se observa en la Figura 1, estas variables se relacionan directamente con la conducta. La consideración del comportamiento frecuente y las condiciones facilitadoras, hacen que la TCI sea más completa para estudiar el comportamiento humano en contextos de elección, como la selección de un modo de transporte ya que considera factores sociales y contextuales, en comparación a otras teorías del comportamiento social, como la teoría de la acción razonada (Fishbein y Ajzen, 1975) o del comportamiento planificado (Ajzen, 1991) que se centran principalmente en la actitud individual y la intención .

3.7 Variables de personalidad en el desarrollo de la conducta

La elección de un modo de transporte es una expresión del comportamiento observado en un individuo, en el cual influyen no solo sus actitudes y percepciones personales, sino también la influencia de su grupo social. Por ejemplo, las normas culturales sobre qué modos de transporte son más aceptables, las influencias de amigos, familiares o compañeros de trabajo, y la disponibilidad de

infraestructura son elementos clave que afectan las elecciones. A continuación, se describen las variables de personalidad que influirían en la elección de transporte en el marco de la TCI.

3.7.1 Actitud

Se define como una evaluación de algún aspecto del mundo social, aplicable a cualquier objeto almacenado en la memoria (Baron y Byrne, 2005). Estas actitudes se fundamentan en las creencias sobre las consecuencias derivadas de un comportamiento y en la importancia atribuida. La teoría de la Expectativa-Valor (Reeve, 1994) fue medida en escala ordinal; postula que la actitud es el producto de la creencia acerca del resultado de una conducta (expectativa) y la relevancia otorgada a dicho resultado (valor), los cuales se estudian para comprender la actitud de los usuarios hacia los diversos modos de transporte.

3.7.2 Factores sociales

Los factores sociales en el comportamiento psicosocial reflejan cómo los individuos perciben su lugar en la sociedad y cómo son percibidos por los demás. Según la teoría de Triandis, estos factores se dividen en:

Rol: Comportamiento esperado según la posición social del individuo, influenciado por normas culturales, sociales y económicas (Padilla, 2003). Los componentes para analizar este factor son: el nivel de costo asociado al modo de transporte y si éste es representativo para él, además si a partir del modo escogido se puede conocer el nivel socioeconómico del usuario (Bamberg, 2003).

Norma: Conducta considerada adecuada por el grupo social del individuo, basada en presiones sociales percibidas (Saiz, 2008). Los componentes para analizar este factor son: la percepción del usuario respecto de los cambios de transporte particular a público o viceversa, así como también la percepción que su entorno tiene hacia los diversos modos de transporte (Bamberg, 2003).

Autoconcepto: Percepción social del individuo en sus relaciones sociales y los valores que considera relevantes en estas interacciones (Pappaletta y Kepic, 2005). Su medición se obtiene mediante el diferencial semántico de Osgood (1976) y se basa en el trabajo de La Rosa (1991), quien utiliza un espacio semántico con tres dimensiones: 1) Sociabilidad afiliativa (impresión positiva percibida), 2) Expresividad (intensidad emocional) y 3) Accesibilidad (trato cordial hacia los demás).

3.7.3 Factores afectivos

Los factores afectivos influyen en las respuestas emocionales involucradas en la toma de decisiones, frecuentemente de forma parcial e inconsciente. Las emociones dependen del contexto vivido por el individuo y sus respuestas suelen ser instintivas (Gärling et al., 1998). Estudios demuestran que el afecto impacta en la elección del modo de transporte (Lois et al., 2009) o emociones asociadas al viaje (Anable y Gatersleben, 2005).

La medición del afecto hacia un modo se basa en el trabajo de Corraliza (1987), quien postula que el espacio semántico que forma el afecto está formado por cuatro dimensiones: 1) Evaluativa, relacionada con juicios de valor hacia el objeto evaluado. 2) Potencia, que refleja la fuerza que el objeto representa para el individuo. 3) Activación, vinculada al nivel de actividad del individuo y 4) Control, que expresa libertades y restricciones hacia el objeto evaluado.

3.7.4 Hábito

El hábito es un comportamiento repetido que ocurre sin deliberación previa, dificultando la consideración de alternativas. Se define como una predisposición a actuar de manera constante, donde la frecuencia refuerza su automatización (Bamberg et al., 2003). Para formarse, requiere múltiples repeticiones en un contexto estable y, una vez establecido, es resistente al cambio, especialmente en elecciones simples (Verplanken et al., 1994). En la elección de modo de transporte, el hábito fija la conducta, reduciendo la probabilidad de cambiar el modo de viaje, lo que dificulta modificar comportamientos habituales (UK Department for Transport, 2006; Bamberg et al., 2003).

3.7.5 Condiciones facilitadoras

Estas condiciones son aquellas que, dada su existencia, ayudan al desarrollo de un comportamiento y su presencia provoca que la intención se convierta en acción (Triandis, 1977). Estas condiciones están fuera del control del individuo y en el contexto de la elección de modo, corresponden principalmente a los atributos de los distintos modos de transporte, condiciones socioeconómicas y el contexto del viaje. Estas condiciones también pueden ser internas al individuo, por ejemplo, su capacidad, su estado de incitación, entre otras.

3.8 Medición de las variables de personalidad

La incorporación de variables de personalidad en los modelos de elección requiere una medición precisa mediante instrumentos diseñados para capturar su impacto en el comportamiento, dado que se trata de variables latentes, no observables directamente. En la Tabla N°1 Lastra (2015) recopila los autores que definen el método de medición y los relaciona con el apoyo teórico psicosocial, entregando una metodología que integra las variables psicosociales en un estudio de transporte urbano. En la encuesta PD se presenta una serie de frases que captan los componentes para analizar la variable psicosocial, en las que el encuestado debe marcar en escala Likert de 5 puntos su opinión. Sin embargo, por la complejidad para captar estas variables, y debido a la simplicidad el medio (encuesta Google), para esta investigación sólo se logra captar la variable actitud tanto hacia al transporte público como particular, la variable asociada a la norma y otra al rol.

Tabla N°1: Métodos de medición de variables de personalidad (Lastra, 2015)

Variables de Personalidad	Apoyo Teórico	Método de medición
Actitud	Reeve (1994)	Escala de Likert de 5 puntos (Likert, 1934)
Normal Social	Bamberg y Schmidt (2003)	
Rol	Bamberg y Schmidt (2003)	
Autoconcepto	La Rosa (1991)	Diferencial semántico de Osgood de 7 puntos (Osgood et al., 1976)
Valoración afectiva	Corraliza (1987)	
Hábito	Verplanken (1994)	Cuestionario de respuesta-frecuencia de Verplanken

A continuación, se presentan las preguntas realizadas en la encuesta PD para capturar las variables psicosociales del usuario, quien debe contestar según su nivel de Desacuerdo en escala Likert de 5 puntos, donde 1 es En total desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo.

Tabla N°2: Frases para captar las componentes de las variables de personalidad (Lastra, 2015)

ACTITUD
“El automóvil es una buena manera para movilizarme”
“Para mí, es importante disponer de un automóvil para movilizarme”
“El transporte público sería una buena manera para movilizarme”
“Para mí, sería importante disponer de un sistema público para movilizarme”
NORMA SOCIAL
“Una persona que normalmente utiliza automóvil, es mal vista cuando comienza a utilizar el transporte público”
“Una persona que normalmente utiliza transporte público para moverse, es mal vista cuando comienza a utilizar automóvil”
“Mis cercanos preferirían que yo usaré el transporte público”
“Mis familiares y amigos prefieren que yo utilice el automóvil”
ROL
“Mientras más dinero tiene una persona, más costoso es el medio de transporte que utiliza.”
“Puedo saber la situación económica de una persona viendo el medio de transporte que utiliza”
“Pienso que el medio de transporte que utilizo habitualmente me representa”

3.9 Modelos de elección discreta con variables latentes

Las actitudes y percepciones, aunque no observables directamente, son fundamentales en el comportamiento humano y el proceso de elección, representadas mediante constructos latentes junto a variables explicativas (Walker, 2001). La incorporación de variables latentes en los modelos de elección discreta, es conocida como modelo híbrido de elección (Bolduc y Daziano, 2010), que tiene como objetivo captar actitudes, percepciones y preferencias individuales, proporcionando una visión más precisa del proceso decisional mediante indicadores observables obtenidos de encuestas.

Los Modelos de Múltiples Indicadores y Múltiple Causalidad (MIMIC) vinculan indicadores observables con variables latentes, permitiendo estimar su influencia en las decisiones a través de funciones de utilidad. Paralelamente, mediante el programa AMOS se aplica un modelo de medición para realizar un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), con el objetivo de verificar la validez y confiabilidad de los constructos latentes y asegurar que las escalas de medición representen adecuadamente las variables de interés. Esto permite incorporar dichas variables en un Modelo Logit Multinomial en BIOGEME, facilitando la estimación de su impacto en la toma de decisiones.

3.10 Indicadores de bondad de ajuste

Para evaluar la bondad de ajuste de los modelos MIMIC, se utilizan diversos indicadores que miden la adecuación del modelo en relación con los datos observados, considerando la complejidad del modelo y la significancia estadística de los parámetros estimados.

Los principales indicadores: Chi-cuadrado, P-valor, GFI (Índice de Bondad de Ajuste Ajustado), AGFI (Índice de Ajuste Ajustado para la Muestra), TLI (índice Tucker-Lewis), CFI (Índice de Ajuste Comparativo) y RMSEA (Raíz del Error Cuadrático Medio de Aproximación) los cuales permiten discernir si los resultados obtenidos en el modelo están dentro de los rangos aceptables de bondad de ajuste.

4. CASO DE ESTUDIO: “SEGUNDO ANILLO VIAL”

El plan regulador intercomunal de Chillán y Chillán Viejo (PRICH, 2019) ha generado un plan maestro de transporte, en el que se delineó las principales orientaciones del desarrollo y gestión del sistema de transporte de la ciudad. En particular, el proyecto “2° Anillo vial” es uno de los más emblemáticos, ya que consolida un anillo de circunvalación exterior, que conecta los sectores periféricos con el centro de la ciudad de Chillán.

El diseño de la faja correspondiente al proyecto en estudio contempla la creación de un parque lineal que incluirá áreas verdes, mobiliario urbano y ciclovías. Debido a que gran parte del trazado de este anillo vial ya se encuentra consolidado y el PRICH incorpora las vías existentes en dichos tramos, el proyecto de inversión propone la construcción de bandejones o aceras, siempre que la faja vial lo permita. En los tramos donde el PRICH proyecta ensanches y aperturas, de los 30 metros que conforman la faja de la vía troncal, se destinan 16 metros para parque, que incluye veredas, ciclovías y áreas verdes, mientras que los 14 metros restantes se asignan a calzada. Asimismo, se incluyen los costos estimados por concepto de expropiación. Para la completa ejecución del proyecto “2° Anillo vial” se plantea su construcción por etapas, dividiéndolo en cuatro subproyectos que en conjunto conforman el anillo vial. Estos subproyectos se ilustran en la siguiente figura.



Figura N°2: Subproyectos que componen el “2° Anillo vial”

A continuación, se presentan los indicadores de rentabilidad del proyecto “2do Anillo Vial”, ajustados a valores del presente año mediante los valores sociales. Esta información fue obtenida a partir del Plan de Transporte de Chillán y Chillán Viejo, elaborado por SECTRA.

Tabla N°3: Indicadores de rentabilidad proyecto “2° Anillo vial”

	Inversión	Indicadores	
	Social (M\$)	VAN (M\$)	TIR (%)
Valores	130.683	82.860	11

5. METODOLOGÍA

La metodología de este análisis se fundamenta en modelos de elección discreta, utilizando datos

obtenidos mediante encuestas de preferencias declaradas. Se empleará el modelo Logit multinomial para estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento, considerando tanto variables descriptivas como factores psicosociales.

5.1 Muestra

El estudio incluyó a los habitantes de Chile en general, abarcando diversos niveles socioeconómicos. Inicialmente se planificó que la muestra estuviera concentrada en Chillán, específicamente en torno al proyecto “2° Anillo vial”, sin embargo, debido a dificultades logísticas, se optó finalmente por una muestra por conveniencia. La encuesta se llevó a cabo de manera online a través de la página <https://forms.gle/k2hkfPdpHqcLE8MD7>. La muestra inicial fue de 442 encuestados, lo que se redujo a un total de 409 válidas, al excluir 33 encuestas debido a problemas de redacción e inconsistencias en los datos proporcionados.

Asimismo, se realizó un análisis de las características socioeconómicas, evidenciando una distribución equitativa entre hombres y mujeres. La edad de los encuestados oscila entre 18 y 85 años, con una media de 31 años. La mayoría vive en viviendas de su propiedad y se aprecia que el 70% realiza viajes cotidianamente, destacando que el 70% de ellos viaja por estudios y el 20% por trabajo. Cabe señalar, que en el estudio se constató que es necesario mejorar la iluminación y seguridad para fomentar el uso de parques. La tendencia asociada al ingreso familiar mensual muestra que el 18% de los hogares se encuentra en los rangos de \$400.000 a \$600.000, mientras que el 36% de las familias obtiene ingresos superiores a \$1.000.000.

5.2 Elección de atributos urbanos

Para este estudio, se lleva a cabo la identificación y selección de atributos presentes en la Actualización del Plan Regulador Intercomunal de Chillán y Chillán Viejo, combinado con las categorías de atributos propuestas por Navarro (2016) y Tapia (2016). Como resultado de este proceso, se seleccionaron cinco atributos relevantes que serán evaluados: áreas verdes, ciclovías, tiempo de viaje, valor de arriendo y valor de viaje.

5.3 Encuesta de preferencias declaradas

El objetivo de las encuestas y estudios sobre el comportamiento es analizar cómo distintas variables influyen en las decisiones de los usuarios mediante modelos de Preferencias Declaradas (PD). Estos modelos utilizan escenarios hipotéticos realistas, permitiendo a los encuestados tomar decisiones consistentes con su comportamiento real. La encuesta recopiló información para estimar variables latentes utilizando los métodos de medición previamente establecidos. Este enfoque, común en el transporte, facilita la predicción del comportamiento y la valoración económica de atributos, así como la identificación de las preferencias de los usuarios (Balbontin, Ortúzar, & Swait, 2014; Galilea & Ortúzar, 2005; Ortúzar & Simonetti, 2008; Sillano & Ortúzar, 2005; Torres et al., 2013). Los resultados se integraron en modelos de elección discreta para valorar atributos urbanos, como áreas verdes, ciclovías y tiempo de viaje, influenciados por factores psicosociales, y se estimó la disposición a pagar por estos atributos.

5.3.1 Diseño de la encuesta PD

El proceso para generar el diseño experimental y de la encuesta sigue un enfoque iterativo que permite realizar mejoras continuas. Con base en los resultados de estudios preliminares (Padilla, 2024; Tapia, 2014), se integran los aprendizajes de las metodologías para la creación del diseño de una encuesta

definitiva, incluyendo la reducción de los juegos de alternativas presentadas y la eliminación de preguntas debido a la extensión de la encuesta.

Para la encuesta, se presentaron entre 6 y 7 juegos de alternativas, dependiendo de la sección asignada al usuario, los cuales fueron optimizados mediante la traza de la matriz, criterio utilizado con el propósito de minimizar la suma de los elementos diagonales de la matriz hessiana inversa, para reducir los errores asociados y mejorar la precisión de los resultados. El modelo propuesto se basa en coeficientes predefinidos, obtenidos a partir de los resultados de los estudios previos.

5.4 Niveles y Pivotes de la encuesta definitiva

A los atributos de áreas verdes, ciclovías y tiempo de viaje se les asignaron dos niveles, mientras que a los atributos de valor de arriendo y valor de viaje se les asignaron tres niveles, con el fin de obtener un modelo más representativo y realista.

Para optimizar las combinaciones de atributos, se identificaron pivotes en aquellos que requerían valores exactos, como tiempo de viaje, valor de arriendo y costo de transporte. Se realizó un estudio de mercado cerca del proyecto “2° Anillo vial”, analizando precios de viviendas, costos de transporte y tiempos de viaje. Los arriendos se ubicaron entre \$300,000 y \$500,000, y los costos de movilización entre \$400 y \$900, según el medio de transporte. La encuesta incluyó preguntas sobre el valor de arriendo y situación económica de los encuestados, así como datos sobre viajes habituales y tiempos de viaje, estimados entre 15 y 25 minutos para transporte público y entre 16 y 15 minutos para privado, con distancias de 3 a 4 km.

5.5 Características del diseño de la encuesta piloto

Inicialmente se aplica el modelo Full factorial (Rose & Bliemer, 2009) a los atributos escogidos; técnica utilizada en estadísticas y experimentación para obtener todas las posibles combinaciones multiplicando los niveles de cada atributo y así estudiar el efecto de múltiples variables independientes en una variable dependiente. Posteriormente, se aplica un modelo matemático de optimización para crear el diseño óptimo a los atributos que estarían presente en los juegos integrados en la encuesta de preferencias declaradas; resultando un total de 26 juegos, los cuales se subdividen en cuatro categorías. Estas categorías dependen si el usuario se traslada comúnmente en transporte público o vehicular, además del gasto mensual que desea reducir, ya sea el valor de arriendo o el valor de viaje. Dependiendo de las respuestas, la encuesta redirigirá a los usuarios hacia la selección de juegos de su interés, presentando dos opciones de alternativas: A o B.

Para realizar un diseño eficiente, se utilizaron coeficientes o utilidades marginales a priori de los atributos urbanos de un estudio de referencia (Navarro, 2016), que consideró árboles, ciclovías, tiempo de viaje, valor de arriendo y costo de viaje, $\beta_{\text{árbol}}$, β_{ciclo} , $\beta_{\text{tiempo de viaje}}$, β_{arriendo} y $\beta_{\text{costo de viaje}}$, además de un coeficiente constante θ_{cte} , tal como es presentado en la Tabla 4.

Tabla N°4: Coeficientes a priori utilizados (Navarro, 2016)

Coeficientes	θ_{cte}	$\beta_{\text{árbol}}$	$\beta_{\text{ciclovía}}$	$\beta_{\text{tiempo via}}$	$\beta_{\text{costo viaje}}$	β_{arriendo}
Valores	0,05	0,606	0,907	-0,08	-0,01	-0,0006

La optimización se realizó a través del criterio de la traza de la matriz de varianza (Warren et al., 1994) la cual consiste en minimizar la suma de la diagonal, esto aplicado para el caso de estudio con

valor de arriendo o costo de viaje. Al obtener la función objetivo de la matriz, que es el promedio de la suma de los elementos presentes en la diagonal, se puede obtener también las combinaciones óptimas para los juegos presentados en la encuesta de preferencias declaradas.

5.6 Creación de las imágenes de la encuesta definitiva

Las imágenes pueden facilitar la comprensión de las preguntas, mejorar la retención de información logrando que las respuestas de los encuestados sean más precisas, además que generan estímulo de respuestas emocionales lo cual es muy útil cuando se busca entender las preferencias o percepciones. Se caracterizan por mostrar situaciones hipotéticas del entorno con diferentes modificaciones en los atributos que acompañan la calzada, buscando representar las combinaciones obtenidas en base al diseño óptimo generado con anterioridad.

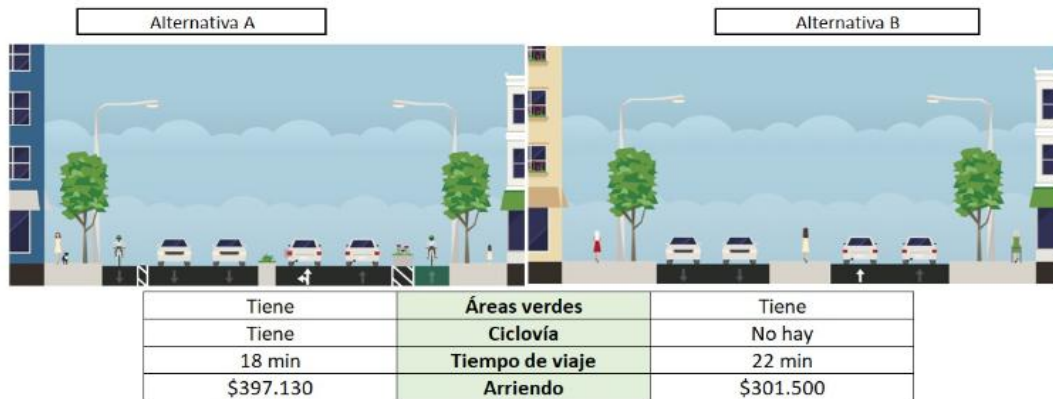


Figura 3: Ejemplo Alternativa de Juego para encuesta de preferencias declaradas

5.7 Forma funcional del modelo general con la influencia de variables psicosociales.

Los modelos estimados corresponden a un Logit Multinomial (MNL) (Ortúzar y Willumsem, 2011). Las utilidades marginales de las áreas verdes, ciclovía, tiempo de viaje, valor de arriendo y valor de viaje fueron representadas por los coeficientes β_{a_ver} , β_{ciclo} , β_{tp} , β_{arr} y β_{cv} , y para cada i -ésima alternativa representados por A_Ver_i , $Ciclo_i$, Tp_i , Arr_i y Cv_i respectivamente. La función de utilidad en un modelo de elección discreta tiene la siguiente forma general expresada en la ecuación 11.

De la misma forma se puede presentar el modelo agregando los aspectos psicosociales en la ecuación 12, a través de los parámetros de escala del modelo de medida estimado en el software AMOS como método para cuantificar los aspectos psicosociales que conforman la TCI. Se representan las variables actitud hacia el transporte particular, actitud hacia el transporte público, norma social y rol como coeficientes: $\beta_{actitud}$, β_{normas} , β_{rol} y para cada i -ésima alternativa representados por Act_auto_i , Act_tp_i , $Normas_i$ y Rol_i . Posteriormente, los coeficientes se estiman con el software BIOGEME (Bierlaire, 2003).

$$U_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad (\text{Ec.11})$$

$$U_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \beta_{psico} X_{psicoi} + \varepsilon_i \quad (\text{Ec.11})$$

Donde U_i es la Utilidad que el individuo i asigna a una opción particular. $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son coeficientes que representan la contribución de cada variable explicativa X a la utilidad. $X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$ son variables explicativas que caracterizan las opciones disponibles para el individuo i . ε_i es el término de error, que captura cualquier otra influencia no observada o aleatoria en la elección.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA

6.1 Percepciones de los encuestados

Según la imagen referencial del proyecto, se observa que el 42% de los encuestados se siente cómodo viviendo en ese entorno. En cuanto a la seguridad, solo el 8% considera que la seguridad en la avenida es suficiente, mientras que el 52% opina que este es un aspecto que debe ser indudablemente mejorado. En relación con la preferencia por estacionamientos en la avenida, el 31% considera que son medianamente necesarios, y el 40% los ve como una necesidad. Finalmente, se destaca que el 77% de los encuestados considera que la iluminación es clave para el éxito de un parque verde urbano. Al analizar el perfil del proyecto propuesto, el 22% de los participantes cree que el área verde es suficiente, mientras que el 55% está en desacuerdo con esta afirmación.

6.2 Motivo de viajes

A la muestra se le preguntó su modo de transporte habitual, resultado de ello que el 62% se traslada en transporte público y el 32% en vehículo particular. En cuanto a la movilidad de los encuestados, los resultados muestran que el 90% realiza viajes habituales por la ciudad. De este grupo, el 49% se desplaza por motivos de estudio, el 31% por trabajo y el 13% por recreación, mientras que el resto corresponde a casos particulares.

6.3 Valoración de atributos urbanos

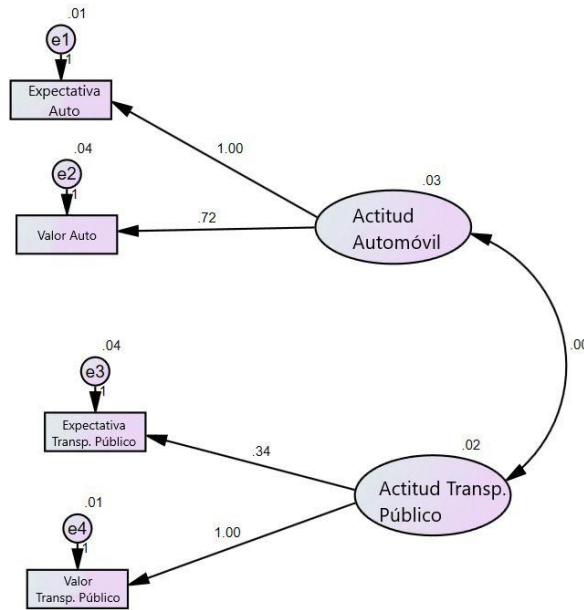
A continuación, se presentan los resultados de la encuesta sobre la valoración de distintos elementos urbanos en un parque verde. La tabla muestra la media de las calificaciones otorgadas por los encuestados en una escala de 1 a 7, así como la varianza de las respuestas, indicando el nivel de consenso en cada atributo.

Tabla N°5: Estadísticas de los atributos urbanos

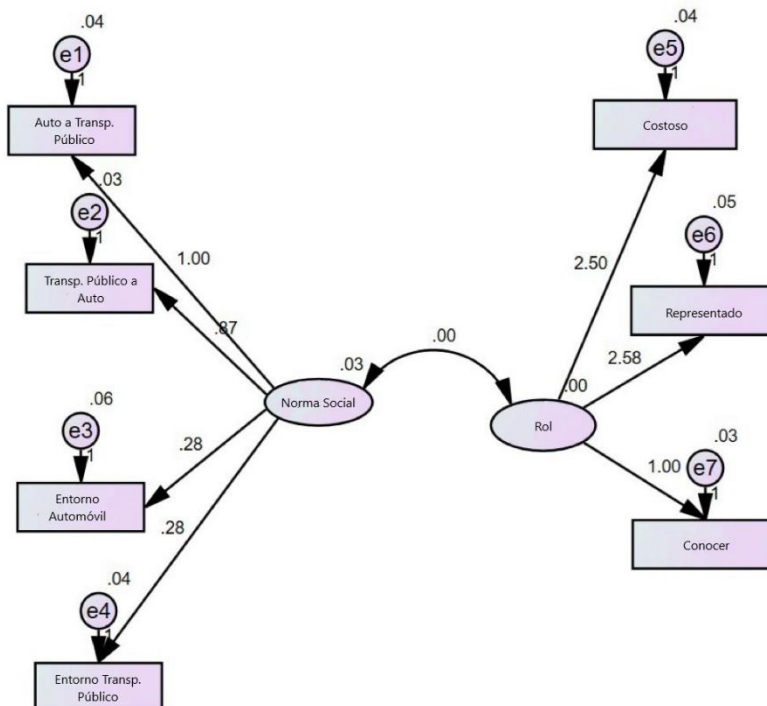
Atributo urbano	Media	Varianza
Luminarias	6,4	1,3
Áreas verdes	6,2	1,5
Espacio peatonal	6,0	1,4
Ciclovías	5,7	2,0
Tiempo de viaje	5,8	2,0

6.4 Inclusión de variables latentes en modelos de elección

Las estimaciones se llevaron a cabo utilizando el software AMOS (Arbuckle, 2001) mediante el método de Máxima Verosimilitud (MV). Este enfoque permite estimar los parámetros del modelo con base en los datos continuos recogidos por el método de medición Likert (1934), asumiendo normalidad multivariada, y maximiza la probabilidad de que dichos datos se ajusten al modelo planteado. La inclusión de variables latentes en los modelos de elección se realiza a través de una estimación secuencial, asegurando una adecuada integración de las dimensiones no observables del comportamiento individual. De la misma manera, se lleva a cabo múltiples pruebas con distintas especificaciones del modelo, evaluando su desempeño y ajuste para identificar la estructura más robusta y representativa de los datos.

Figura 4: Resultados del modelo de medida de medición para la variable actitud


Los resultados del modelo estructural indican un ajuste excelente a los datos. El GFI = 0,997 y el AGFI = 0,991, ambos cercanos a 1, muestran que el modelo explica bien la varianza y covarianza. El TLI = 0,963 y el CFI = 0,981, superiores a 0,95, sugieren que el modelo es significativamente mejor que un modelo nulo. El RMSEA = 0,039, menor a 0,05, confirma un ajuste muy bueno. Aunque el estadístico de chi-cuadrado ($\chi^2=10,86$, $p = 0,013$) es significativo, su sensibilidad al tamaño muestral no invalida el modelo. En conjunto, estos índices sugieren que el modelo es adecuado y refleja correctamente las relaciones propuestas.

Figura 5: Resultados del modelo de medición para las variables norma social y rol


El modelo presenta un estadístico de chi-cuadrado ($\chi^2=231,32$) con p-valor = 0, lo que indica un ajuste deficiente, ya que se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre las matrices de covarianzas. Los índices de ajuste TLI = 0,744 y CFI = 0,842 están por debajo del umbral recomendado de 0,90, sugiriendo un ajuste subóptimo. El RMSEA = 0,079, aunque cercano al umbral de 0,08, aún sugiere un ajuste aceptable. Sin embargo, los GFI = 0,971 y AGFI = 0,949 son buenos, lo que indica que el modelo explica adecuadamente la varianza-covarianza de los datos. En resumen, el modelo requiere ajustes, especialmente en los índices TLI y CFI, aunque algunos indicadores de ajuste, como GFI y AGFI, muestran un rendimiento aceptable.

Una vez obtenidos los resultados del modelo estructural en AMOS, se pueden incorporar en BIOGEME para continuar con la modelización utilizando un Modelo Logit Multinomial, donde se estima la función de utilidad basada en estos parámetros.

7. MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA Y VALORACIÓN DE ATRIBUTOS

7.1 Resultados Modelos de Elección Discreta

Mediante la metodología de Logit Multinomial, se evaluaron tres enfoques de modelos de elección discreta para valorar los atributos urbanos: 1) personas que prefieren el vehículo particular, sin importar el gasto mensual que busquen reducir; 2) usuarios que priorizan la reducción de costos de viaje, independientemente del modo de transporte; y 3) usuarios de transporte particular que también prefieren reducir costos de viaje. La asignación de atributos para cada modelo se detalla en la Tabla 6.

Tabla N°6: Resumen de atributos incluidos en los grupos de modelos

Atributos	Áreas Verdes	Ciclovías	Tiempo de viaje	Costo de viaje	Actitud	Norma social	Rol	Niveles de Ingresos
Grupo 1	✓	✓	✓	✓				
Grupo 2	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Grupo 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

7.1.1 Grupo de Modelos 1

Las características del modelo y los resultados se presentan en la Tabla 7. Se destaca la aplicación de escalamiento, lo cual reduce posibles sesgos debido a diferencias de magnitud. Este grupo considera una cantidad de observaciones de 1175 que representan 182 encuestados.

Tabla N°7: Resumen de los resultados obtenidos por el grupo de modelos 1

		Coeficientes						Escalamiento		
		$\theta_{cte A1}$	$\theta_{cte A3}$	$\beta_{a ver}$	β_{ciclo}	β_{tv}	β_{cv}	Valor	Std err	T-test
Modelo A	Valor	-0,27	-3,03	1,36	0,29	-0,13	-0,001	0,90	0,14	-0,78
	T-test	-0,08	-6,22	8,28	2,44	-7,36	-2,07			
		$LL(\theta^*)$					ρ^{-2}			
		-1061,87					0,29			

Los resultados presentados indican que el estadístico $\Theta_{cte A1}$ no muestra evidencia suficiente para influir significativamente en las preferencias de los usuarios. En contraste, los demás coeficientes son significativos y presentan el signo esperado, destacándose una alta utilidad marginal en las áreas verdes y el tiempo de viaje.

7.1.2 Grupo de Modelos 2

El siguiente modelo se construye a partir de la desagregación de las variables psicosociales, como la norma social y el rol, y su relación con el ingreso familiar. Los coeficientes β_{cv1} , β_{cv2} y β_{cv3} representan las utilidades marginales asociadas al costo de viaje para usuarios con ingresos bajos, medios y altos. Este grupo considera una cantidad de observaciones de 1212 que representan 202 encuestados. Los resultados de la estimación de los coeficientes relativos a los atributos urbanos se exponen en la Tabla 8.

Tabla N°8: Resumen de los resultados obtenidos por el grupo de modelos 2

		Coeficientes							
		$\Theta_{cte A1}$	$\Theta_{cte A3}$	$\beta_{a\ ver}$	β_{ciclo}	β_{tv}	β_{cv1}	β_{cv2}	β_{cv3}
Modelo A	Valor	-0,27	-3,72	1,57	0,61	-0,11	-0,005	-0,006	-0,004
	T-test	-3,06	-2,23	8,97	4,27	-4,73	-3,75	-4,37	-2,92
		Coeficientes			Escalamiento				
		β_{norma}	β_{rol}	Valor	Std err	T-test	$LL(\theta^*)$		
Valor		1,29	9,38	0,85	0,10	-1,58	-1115,70	0,26	
T-test		0,96	2,56						

Los resultados de la tabla anterior muestran que los coeficientes poseen significancia y coherencia, exceptuando el coeficiente para la norma. Es importante destacar que se observa una alta utilidad marginal en las áreas verdes y las ciclovías para los encuestados.

7.1.3 Grupo de Modelos 3

Con base en lo especificado en la Tabla 6, los siguientes modelos se desarrollan desagregando las variables psicosociales, como la actitud, la norma social y el rol. Además, se analiza la descomposición de la variable de costo de viaje en relación con el ingreso familiar. Para establecer esta relación, se introdujeron variables indicadoras en la característica Costo de viaje; β_{cv1} , β_{cv2} y β_{cv3} representan las utilidades marginales vinculadas al costo de viaje para los usuarios con ingresos bajo, medio y alto. Cabe destacar que el modelo 3-B, en comparación con el modelo 3-A considera los datos normalizados. Este grupo considera una cantidad de observaciones de 552 que representan 92 encuestados.

Tabla N°9: Resumen de los resultados obtenidos por el grupo de modelos 3

		Coeficientes							
		$\Theta_{cte A1}$	$\Theta_{cte A3}$	$\beta_{a\ ver}$	β_{ciclo}	β_{tv}	β_{cv1}	β_{cv2}	β_{cv3}
Modelo A	Valor	-0,38	-4,55	1,60	0,76	-0,16	-0,004	-0,004	-0,001
	T-test	-2,94	-2,48	8,32	3,99	-5,73	-1,74	-2,07	-0,67
Modelo B	Valor	-0,15	-6,74	1,60	0,76	-0,16	-0,004	-0,004	-0,001
	T-test	-1,63	-5,82	8,32	4,00	-5,73	-1,75	-2,05	-0,69
Modelo C	Valor	-0,38	-3,16	1,60	0,76	-0,16	-0,003	-0,004	-0,002
	T-test	0,13	0,13	8,33	4,01	-5,75	-1,69	-2,05	-0,91

		Coeficientes				$LL(\theta^*)$	ρ^{-2}
		$\beta_{act Au}$	$\beta_{act Tp}$	β_{norma}	β_{rol}		
Modelo A	Valor	-0,44	0,46	-	-	-527,18	0,25
	T-test	-2,12	3,59	-	-		
Modelo B	Valor	-2,76	3,71	-	-	-527,18	0,29
	T-test	-2,03	3,53	-	-		
Modelo C	Valor	-	-	-0,23	0,96	-527,18	0,25
	T-test	-	-	-0,68	2,69		

Los resultados presentados indican que el coeficiente $\theta_{cte A1}$ es significativo, exceptuando para el modelo C, de la misma forma para el coeficiente del alquiler de ingresos bajo, no obstante, mantiene la orientación. Los demás resultados poseen significancia, exceptuando el coeficiente para la norma en el modelo C, afirmando que no hay suficiente evidencia para afirmar que dicho coeficiente influye de manera relevante en las preferencias de los usuarios. Es importante señalar, que se observa una alta utilidad marginal para las áreas verdes.

7.2 Comparación de modelos de elección

A continuación, se proporcionan las estadísticas correspondientes a la prueba de razón de verosimilitud o LR, la cual está vinculada al estadístico χ^2 . La formulación de esta prueba se expone en la ecuación 5. En particular, el modelo de carácter general se refiere en particular al modelo 2-A. Los valores y la comparación de estos modelos se presentan en la Tabla 10, utilizando el estadístico χ^2 con un nivel de confianza $\alpha = 0,05$.

Tabla N°10: Comparación de los modelos a través del estadígrafo χ^2

Modelo	LR	χ^2	Resultado
Modelo 1-A	-1049.918	3.84	Modelo restringido es mejor
Modelo 1-B	-1048.978	3.84	Modelo restringido es mejor
Modelo 1-C	-1047.4	3.84	Modelo restringido es mejor
Modelo 2-A	0	3.84	Modelo general es mejor
Modelo 3-A	-116.848	9.49	Modelo restringido es mejor

Los resultados presentados son precisos y apuntan hacia la elección del modelo restringido como más sobresaliente. En particular, los modelos 3-A, 3-B y 3-C resultaron ser los modelos escogidos para valorizar monetariamente estos atributos, dado que destacan por sobre otros al tener mayores cantidades de parámetros estimados significativos entre los modelos restringidos.

7.3 Valoración de atributos asociados a un proyecto de infraestructura verde

Se emplearán los Modelos A, B y C del grupo 3 para determinar la estimación de la disposición a pagar $WTP(X_{jk})$, la cual se define en la ecuación 10, donde θ_{jk} denota la utilidad marginal del atributo urbano j y los coeficientes β_{cv1} , β_{cv2} y β_{cv3} representan las asociaciones al costo de viaje diferenciadas por niveles de ingreso, específicamente Bajo, Medio y Alto. Estos valores particulares se encuentran detallados en la Tabla 11.

Tabla N°11: Disposición a pago promedio por individuo (\$/mensual)

MODELO A				MODELO B		
Atributos	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto
Áreas Verdes	\$4.984,42	\$4.155,84	\$12.403,10	\$4.968,94	\$4.199,48	\$12.121,21
Ciclovías	\$2.373,83	\$1.979,22	\$5.906,98	\$2.369,57	\$2.002,62	\$5.780,30
Tiempo de viaje	\$495,33	\$412,99	\$1.232,56	\$493,79	\$417,32	\$1.204,55
Total	\$7.853,58	\$6.548,05	\$19.542,64	\$7.832,30	\$6.619,42	\$19.106,06

MODELO C			
Atributos	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto
Áreas Verdes	\$5.128,21	\$4.199,48	\$9.142,86
Ciclovías	\$2.448,72	\$2.005,25	\$4.365,71
Tiempo de viaje	\$509,62	\$417,32	\$908,57
Total	\$8.086,54	\$6.622,05	\$14.417,14

7.3.1 Disposición a pago por la demanda potencial

Para evaluar la disposición general a pagar, se analiza la demanda asociada a la ciudad de Chillán y Chillán Viejo basada en el censo efectuado en Chile en 2017, aceptando una demanda potencial (Dpot) de 195.702 personas. Esta cifra corresponde a la población que podría beneficiarse de los atributos urbanos, especialmente los residentes cerca del proyecto “2° Anillo vial”. De los 409 encuestados, el 51% tiene ingresos bajos, el 29% medios y el 20% altos. Se calculan los ingresos proyectados por cada grupo de ingresos multiplicando el total de personas por los porcentajes correspondientes. Dado que la demanda total parece poco realista, se ajustan los cálculos usando factores de demanda potencial, como se detalla en la Tabla 12. A continuación, se presenta el desglose de la disposición a pagar.

Tabla N°12: Disposición a pago variación de la demanda potencial (M\$/mensual)

MODELO A						
	05 * Demanda potencial			03 * Demanda potencial		
Atributos	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto
Áreas Verdes	\$249,23	\$116,33	\$246,29	\$149,54	\$69,80	\$249,23

Ciclovías	\$118,70	\$55,40	\$117,30	\$71,22	\$33,24	\$118,70
Tiempo de viaje	\$24,77	\$11,56	\$24,48	\$14,86	\$6,94	\$24,77
Total	\$392,70	\$183,29	\$388,06	\$235,62	\$109,97	\$392,70
Total, por ingreso	\$964,05			\$578,43		

MODELO B						
	05 * Demanda potencial			03 * Demanda potencial		
Atributos	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto
Áreas Verdes	\$248,46	\$117,55	\$240,69	\$149,07	\$70,53	\$144,42
Ciclovías	\$118,48	\$56,06	\$114,78	\$71,09	\$33,63	\$68,87
Tiempo de viaje	\$24,69	\$11,68	\$23,92	\$14,81	\$7,01	\$14,35
Total	\$391,63	\$185,29	\$379,39	\$234,98	\$111,17	\$227,64
Total, por ingreso	\$956,31			\$573,79		

MODELO C						
	05 * Demanda potencial			03 * Demanda potencial		
Atributos	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto	Costo Viaje I. Bajo	Costo Viaje I. Medio	Costo Viaje I. Alto
Áreas Verdes	\$256,42	\$117,55	\$181,55	\$153,85	\$70,53	\$108,93
Ciclovías	\$122,44	\$56,13	\$86,69	\$73,46	\$33,68	\$52,01
Tiempo de viaje	\$25,48	\$11,68	\$18,04	\$15,29	\$7,01	\$10,83
Total	\$404,34	\$185,36	\$286,29	\$242,61	\$111,22	\$171,77
Total, por ingreso	\$875,99			\$525,59		

Los valores de disposición a pagar, expresados mensualmente, se extrapolarán a un período anual para proyectar los indicadores de rentabilidad. Los resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla N°13: Ingresos producto de la disposición a pagar estimada según la variación de la demanda potencial

	MODELO A		MODELO B		MODELO C	
	0,5* Dpot	0,3* Dpot	0,5* Dpot	0,3* Dpot	0,5* Dpot	0,3* Dpot
Ingreso						
Valor Mensual (M\$)	\$1.308	\$785	\$3.410	\$2.046	\$1.290	\$774
Valor Anual (M\$/año)	\$15.694	\$9.416	\$40.916	\$24.550	\$15.482	\$9.290

Se incorporaron los valores de ingreso al cálculo de los indicadores de rentabilidad para los atributos del proyecto, considerando un horizonte de 20 años basado en los beneficios y valores sociales iniciales. Esto permitió calcular la tasa anual de proyección, evidenciando un incremento de al menos un 3% en la rentabilidad al integrar los atributos urbanos y psicosociales. Los resultados se presentan en la Tabla 14

Tabla N°14: Indicadores de rentabilidad al incluir atributos urbanos y psicosociales según la variación de la demanda potencial

Indicadores de Rentabilidad	MODELO A		MODELO B		MODELO C	
	0,5*Dpot	0,3*Dpot	0,5*Dpot	0,3*Dpot	0,5*Dpot	0,3*Dpot
Beneficios 1° año (M\$)	15.694	9.416	40.916	24.550	15.482	9.289
VAN (M\$)	256.011	180.991	557.423	361.839	253.483	179.474
TIR (%)	18%	15%	33%	23%	18%	14%

8. CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el impacto de incorporar atributos urbanos y psicosociales en la evaluación económica de un proyecto de infraestructura de transporte urbano, mediante la metodología desarrollada por Navarro (2016) para valorar atributos, aplicándose al caso del proyecto “2° Anillo vial” el cual forma parte integral de la Actualización del Plan Regulador Intercomunal de Chillán y Chillán Viejo (PRICH, 2019).

A través de encuestas de preferencias declaradas se estimaron modelos de elección discreta que analizaron atributos urbanos y psicosociales como áreas verdes, ciclovías, tiempo de viaje, valor de arriendo y valor de viaje, actitud hacia modos de transporte, normal social y rol, segmentando los resultados por nivel de ingreso de los participantes. Los hallazgos reflejan que los atributos urbanos presentan disposiciones a pago positivas y coherentes con los ingresos de los segmentos estudiados. La composición de la muestra en este estudio, aunque representativa de distintos niveles socioeconómicos, enfrentó limitaciones logísticas que condujeron a una muestra por conveniencia.

Sin embargo, a pesar de que los usuarios mostraron una actitud positiva hacia el modo de transporte y un rol social positivo, la influencia de la variable norma social no fue significativa en los modelos.

Entre la preferencia por los atributos, las áreas verdes fueron las más valoradas, evidenciando la importancia del bienestar de los ciudadanos y su impacto en el entorno visual. Sin embargo, una limitación identificada fue la falta de especificación en la unidad de medida de las áreas verdes, lo que podría mejorarse en estudios futuros, especificando mejoras en m² o incluyendo detalles sobre el tipo y cantidad de vegetación, ya que para nuestro caso solo se incorporó como concepto. Asimismo, los resultados destacan la relevancia de atributos funcionales y prácticos como la iluminación adecuada, que reduce la percepción de inseguridad y facilita la movilidad nocturna. Además, se observa que atributos como el tiempo de viaje tienen menor relevancia para los usuarios.

Los resultados expuestos en la Tabla N°14 evidencian que la incorporación de atributos urbanos y psicosociales en el análisis de rentabilidad, basada en la demanda potencial, ha generado un efecto positivo en indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Esto sugiere que el proyecto puede considerarse rentable al evaluar exclusivamente los beneficios derivados de los atributos urbanos y psicosociales seleccionados, entre los que se incluyen las áreas verdes, las ciclovías, el tiempo de viaje, el costo de viaje, la actitud hacia el transporte particular o público, la norma social y el rol.

El grupo del Modelo 3 presenta una actitud negativa hacia el automóvil, a pesar de ser un medio de transporte de uso habitual. Esta percepción podría estar influenciada por los problemas urbanos asociados a su uso, así como por el alto costo del viaje, lo que favorece la adopción de nuevas alternativas de movilidad. Si bien la inclusión de variables psicosociales genera impactos positivos en los indicadores de rentabilidad, la teoría sugiere que su incorporación puede reducir la demanda y, en consecuencia, afectar dichos indicadores debido a la influencia de presiones sociales. Además, en este grupo, los usuarios de ingresos bajos no resultan estadísticamente significativos, lo que indica que el tamaño de la muestra podría no ser suficiente para obtener resultados concluyentes. Esta misma limitación se observa en la variable de norma social dentro del Modelo C, lo que podría afectar la interpretación de sus efectos en las decisiones de los individuos. Dada la naturaleza de este estudio, que es más bien exploratorio, no es posible afirmar o respaldar con certeza el uso de esta metodología para evaluar proyectos de infraestructura verde, sin embargo, los resultados obtenidos entregan evidencia en esta línea.

La preferencia ciudadana hacia necesidades urbanas tangibles resalta la importancia de diseñar modelos que consideren tanto atributos físicos como la percepción del usuario. No obstante, el uso de encuestas de preferencias declaradas enfrenta desafíos, como la interpretación subjetiva de escenarios hipotéticos. Mejorar el diseño visual de estas encuestas podría ayudar a captar más fielmente el contexto real y, por ende, reflejar de manera más precisa las preferencias de los encuestados.

Finalmente, cabe destacar que, aunque esta metodología no puede establecerse como un estándar definitivo para la evaluación de proyectos de infraestructura verde, los resultados obtenidos ofrecen valiosas orientaciones para futuros estudios. Una evaluación económica integral debe considerar tanto los atributos urbanos tangibles, como las ciclovías y áreas verdes; así como también, aspectos relacionados con la percepción y el bienestar del usuario. Esto contribuirá a una valoración más completa de los beneficios sociales, ambientales y económicos en el desarrollo de proyectos urbanos en Chile.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajzen, I.** (1991) The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. 50. 179-211.
- Anable, J., B. Gatersleben** (2005) All work and no play? The role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel model. 39. 163-181.
- Arbuckle, J. L., & W. Wothke** (2001) *AMOS 6.0 user's guide*. Chicago: Smallwaters.
- Balbontin, C., Ortúzar, J. D. D., & Swait, J. D.** (2014). Importance of Dwelling, Neighbourhood Attributes in Residential Location Modelling: Best Worst Scaling vs. Discrete Choice. 92.
- Bamberg, S., I. Ajzen y P. Schmidt** (2003) Choice of travel mode in the theory of planned behavior: The roles of past behavior, habit, and reasoned action. 25. 175–187.
- Baron, R. y D. Byrne** (2005) *Psicología Social*. Pearson Prentice-Hall. Madrid.
- Ben Akiva, M., J. Walker., A. Bernardino, D. Gopinath, T. Morikawa. & A. Polydoropoulou** (1999) *Integration of Choice and Latent Variable Models*.
- Ben Akiva, M., y Morikawa, T.** (1990) Estimation of travel demand models from multiple data sources. *Proceedings 11th International Symposium on Transportation Traffic Theory*.
- Bierlaire, M.** (2003) *BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models*. *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference, Ascona, Switzerland*.
- Bliemer, M. C. J., & Rose, J. M.** (2010). “Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations.” Part B: Methodological.
- Bolduc, D. y R. Alvarez-Daziano** (2010) On estimation of hybrid choice models, in S. Hess and A. Daly (eds). *Choice Modelling: The State-of-the-Art and the State-of-Practice*. pp. 259-87.
- Bradley, M.A. y Daly, A.J.** (1997) Estimation of Logit models using mixed stated preference and revealed preference information. En P. Stopher y M. Lee-Gosselin (Eds.).
- Corraliza, J.** (1987) *La Experiencia del Ambiente. Percepción y Significado del Medio Construido*. Tecnos. Madrid.
- Domarchi C.** (2007) *Efecto del Hábito, la Valoración Afectiva y la Actitud en la elección modal. Una aplicación a personal de la Universidad de Concepción. Memoria de Título Ingeniero Civil. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Concepción. Concepción.*
- Domencich, T., & McFadden, D. L.** (1975). *Urban Travel Demand - Behavioral- Analysis*. Elsevier and North-Holland.
- Fishbein, M. y Ajzen, I.** (1975) *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley. Reading.
- Galilea, P., Ortúzar, J. D. D.** (2005). “Valuing noise level reductions in a residential location

context.” Transportation Research Part D: Transport and Environment.

- Gärling, T., R. Gillholm y A. Gärling** (1998) Reintroducing attitude theory in travel behavior research. The validity of an interactive interview procedure to predict car use. 129-146.
- IBM** (2012) SPSS Statistic. Versión 20. International Business Machines. Chicago.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2017)**. Censo 2017.
- Jackson, T.** (2004) Motivating Sustainable Consumption: A Review of Evidence on Consumer Behaviour and Behavioural Change. Sustainable Development Research Network. Londres.
- Krekel, C., Kolbe, J., & Wüstemann, H.** (2016). The greener, the happier? The effect of urban land use on residential well-being. *Ecological economics*, 121, 117-127
- Krizec, K.** (2007). “Estimating the Economic Benefits of Bicycling and Bicycle Facilities: An Interpretive Review and Proposed Methods.” 219–248.
- La Rosa J, R. Díaz** (1991) Evaluación del autoconcepto: una escala multidimensional. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 23. 15-33.
- Lancaster, K. J.** (1966). “A New Approach to Consumer Theory.” *Journal of Political Economy*.
- Likert, R.** (1934) A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*. 140. 1- 55.
- Lois, D. y M. López-Sáez** (2009) The relationship between instrumental, symbolic and affective factors as predictors of car use: A structural equation modeling approach. (pp. 790 – 799).
- Maldonado, J.** (2021). Valoración de otros atributos urbano asociado a un proyecto de transporte: Caso mejoramiento autopista Concepción – Talcahuano.
- Mardones, M.** (2023). Desde que Ñuble es región, el parque automotriz aumentó un 23%. <https://www.soychile.cl/Chillan/Sociedad/2023/03/22/804394/parque-automotriz-aumento-23-nuble.html>
- Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. J.** (2015). “A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments.” *Landscape and Urban Planning*, 134, 157–166.
- Navarro, I., A.** (2016) “valoración de atributos urbanos en un corredor de buses a través de preferencias declaradas”.
- Ortúzar, J. D. D., & Simonetti, C.** (2008). “Modelling the demand for medium distance air travel with the mixed data estimation method. *Journal of Air Transport*.”
- Ortúzar, J. D. D., Iacobelli, A.** (1998) “Mixed modelling of interurban trips by coach and train.”
- Ortúzar, J. D. D., Martínez, F. J., & Varela, F. J.** (2000). Stated preferences in modelling accessibility. *International Planning Studies*, 5(1), 65–85.
- Ortúzar, J. D. D., Willumsen, L. G.** (2011). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons Ltd.

- Osgood, C., Suci, G. y Tannenbaum, P.** (1976) *La Medida del Significado*. Gredos. Madrid.
- Padilla, M.** (2024). Valoración de otros atributos urbanos asociados a un proyecto de infraestructura verde: caso ciudad de Chillán.
- Pappalettera, N. B. y A. Kepic** (2005) *El Autoconcepto profesional en la formación docente*. 1-8.
- Pompilio, J.J.** (2006). "Diseño de un experimento de preferencias declaradas para la elección de modo de transporte urbano de pasajeros".
- PRICH.** (2019). Actualización "Plan Regulador Intercomunal De Chillán y Chillán Viejo".
- Reeve, J.** (1994) *Motivación y Emoción*. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid.
- Rose, J. M., & Bliemer, M. C. J.** (2009). "Constructing Efficient Stated Choice Experimental Designs." Pp. 587–617.
- Saiz, J.** (2008) *Un estudio del consumo de cocaína en la comunidad de Madrid desde la psicología social*. Tesis de Doctorado.
- SECTRA - MTT** (2013). "Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana".
- Sillano, M., & Ortúzar, J. D. D.** (2003). Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: Some new evidence, pp. 525–550.
- Swait J., y Louviere J.** (1993) The Role of the Scale Parameter in the Estimation and Comparison of Multinomial Logit Models. *Journal of Marketing Research*. pp. 305–314.
- Tapia A.** (2014). El impacto de las variables de personalidad en la decisión de inversión de un proyecto de transporte. Un estudio de caso en Concepción.
- Torben Holvad,** (1999). "Contingent Valuation Methods: Possibilities and Problems". Fondazione Eni Enrico Mattei Working Paper No. 7.99.
- Torres, I., Greene, M., Ortúzar, J. D. D.** (2013). Valuation of housing and neighbourhood attributes for city centre location: A case study in Santiago. *Habitat International*, pp. 62–74.
- Triandis, H.** (1977) *Interpersonal Behavior*. Brooks and Cole, Monterrey.
- UK Department for Transport** (2006) *An Evidence Base Review of Public Attitudes to Climate Change and Transport Behaviour*. Final Report.
- Verplanken, B., H. Aarts., A. van Knippenberg, A. y C. van Knippenberg** (1994) Attitude versus general habit: Antecedents of travel mode choice, pp. 285-300.
- Zhou, X. and Parves Rana, M.** (2012). "Social benefits of urban green space: A conceptual framework of valuation and accessibility measurements", pp. 173-189.