UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS CIVILES

"ANÁLISIS DEL USO DE LA BICICLETA A TRAVÉS DE UN MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA INCORPORANDO VARIABLES LATENTES"

CONSTANZA ANDREA JIMÉNEZ CARRASCO

2019

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS CIVILES

"ANÁLISIS DEL USO DE LA BICICLETA A TRAVÉS DE UN MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA INCORPORANDO VARIABLES LATENTES"

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL

Profesor Guía: Maximiliano Exequiel
Lizana Maldonado

CONSTANZA ANDREA JIMÉNEZ CARRASCO

2019

ANÁLISIS DEL USO DE LA BICICLETA A TRAVÉS DE UN MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA INCORPORANDO VARIABLES LATENTES

CONSTANZA ANDREA JIMÉNEZ CARRASCO

COMISIÓN EXAMINADORA

MAXIMILIANO EXEQUIEL LIZANA MALDONADO
Profesor Guía

LEONARDO ANDRÉS SIERRA VARELA
Académico Evaluador

LORENA KATHERINE ORTIZ JEREZ
Académico Evaluador

Calificación trabajo escrito :
Calificación examen :
Calificación final :

RESUMEN

Tradicionalmente la elección modal de transporte se ha estudiado utilizando los modelos de elección discreta generados a partir de la teoría de la utilidad aleatoria. Esta establece que los individuos escogen un modo particular basándose en sus propias características socioeconómicas y en los atributos que se presentan en las opciones disponibles. A pesar de que este enfoque ha logrado generar una gran cantidad de modelos beneficiosos para los estudios en el área, se ha criticado su pobre caracterización del comportamiento humano, y sus débiles supuestos. A partir de esto, estudios han demostrado que la toma de decisiones no solo se ve afectada por el lado racional de las personas, sino que existen una serie de factores de carácter psicosocial y contextual que estarían influyendo también en el proceso. En este estudio se pretende analizar estas nuevas variables denominadas latentes, para poder comprobar si efectivamente tienen una incidencia en el comportamiento de las personas y en este caso en la elección de un modo de transporte. La investigación hará enfoque en evaluar el efecto que tiene el hábito, la actitud y el afecto en el uso de la bicicleta con propósito de eventualmente poder incentivar este modo, debido a sus diferentes características positivas. Una encuesta fue aplicada para la recopilación de los datos de estudio, a estudiantes y funcionarios de la Universidad de La Frontera, Chile. A través de los datos obtenidos se realizó un modelo de elección discreta, al cual se le incorporaron las variables latentes. Los resultados indicaron que las tres variables incorporadas tuvieron significancia dentro del modelo, y ayudaron a mejorar su ajuste estadístico. Además, se pudo observar que los individuos que utilizan la bicicleta como modo, tienen una buena apreciación de esta, a diferencia de los que no la usan. El análisis demostró que la elección modal puede ser influenciada por estos factores y que futuros estudios son necesarios, para eventualmente complementar las políticas actuales y así lograr un incremento en el uso de la bicicleta y una reducción en el del automóvil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Descripción del Problema 1
1.2 Objetivos 3

1.2.1 Objetivo General 3
1.2.2 Objetivos Específicos 3

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES GENERALES 4

2.1 Modelos de Elección Discreta 4

2.1.1 Teoría de la Utilidad Aleatoria 5
2.1.2 Modelo Logit Multinomial (MNL) 7

2.1.2.1 Especificaciones de estimación 7

2.2 Teoría del Comportamiento Interpersonal de Triandis (TIB) 8

2.2.1 Actitud 9
2.2.2 Factores Sociales 10
2.2.3 Factores Afectivos 10
2.2.4 Hábito 10

2.3 Modelo Hibrido de Elección Modal 11
2.4 Estudios Realizados 13

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO 16

3.1 Instrumento de Medición 16

3.1.1 Información Sociodemográfica y Socioeconómica 16
3.1.2 Información del viaje y entorno 17
3.1.3 Información de Factores Psicosociales y Hábito 17

3.1.3.1 Medición de la Actitud 18
3.1.3.2 Medición del Afecto 18
3.1.3.3 Medición del Hábito 19

3.2 Análisis Consistencia de Datos 19

3.2.1 Georreferenciación de encuestados 20
3.2.2 Estimación y Calibración de Datos 21

3.2.2.1 Calibración Bicicleta 22
3.2.2.2 Calibración Automóvil 24
3.2.2.3 Calibración Bus Urbano (Micro) 26
3.2.2.4 Calibración Taxi Colectivo 32

3.2.3 Limpieza de Encuestados 33

3.2.3.1 Sin Georreferenciación 33
3.2.3.2 Modo Caminata 33
3.2.3.3 Modo Mixto 34
3.2.3.4 Porcentaje de Vacíos 34
3.2.3.5 Incerteza en la verosimilitud de los datos 34
3.2.3.6 Disponibilidad de Modos 34

3.3 Modelación 35
3.3.1 Software Utilizado 35
3.3.1.1 Especificaciones de Modelación 36
3.3.2 Análisis de Fiabilidad 36
3.3.3 Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio 37
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 38
4.1 Variables Modelo Logit Multinomial 38
4.2 Estadísticas Encuesta 39
4.3 Coeficientes de Variables Latentes 41
4.4 Funciones de Utilidad 45
4.5 Modelo Híbrido con Variables Latentes 47
4.6 Probabilidades de Elección 49
4.7 Análisis variables latentes 50
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES 52
BIBLIOGRAFÍA 54
ANEXOS 57
ANEXO A 57
ENCUESTA APLICADA A COMUNIDAD UNIVERSITARIA 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Lista de pares opuestos para medir factor afectivo……19
Tabla 3.2 Parámetros obtenidos calibración bicicleta……..……23
Tabla 3.3 Parámetros obtenidos calibración automóvil……25
Tabla 3.4 Errores de tiempos bus urbano……..……27
Tabla 3.5 Parámetros obtenidos calibración bus urbano...……28
Tabla 3.6 Errores de tiempos taxi colectivo……..……32
Tabla 3.7 Parámetros obtenidos calibración taxi colectivo...……33
Tabla 4.1 Variables significativas modelo MNL……..……38
Tabla 4.2 Variables tipo "Dummy**"**……..……39
Tabla 4.3 Variables asignadas a valores de un rango…...……..……39
Tabla 4.4 Resultados estadísticos encuesta……..……..…40
Tabla 4.5 Alfa de Cronbach Variables Latentes…..……..……41
Tabla 4.6 Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Bicicleta……...……42
Tabla 4.7 Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Automóvil….……...……42
Tabla 4.8 Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Transporte Público…….…….……42
Tabla 4.9 Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Bicicleta…….……43
Tabla 4.10 Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Automóvil….……..……44
Tabla 4.11 Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Transporte Público…..…….……44
Tabla 4.12 Resultados 2° análisis factorial confirmatorio Afecto Bicicleta...……...……45
Tabla 4.13 Resultados Modelo híbrido con variables latentes…….…..……47
Tabla 4.14 Resultados predicción de modelos……..……49
Tabla 4.15 Promedios valoraciones Expectativa – Valor **…...**……..…….……50
Tabla 4.16 Promedios valoraciones Hábito - Afecto **…...**……..…….……50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Teoría del comportamiento interpersonal de Triandis……...……9
Figura 2.2 Esquema Modelo Híbrido de Elección Modal……..……...…….……...……13
Figura 3.1 Georreferenciación de encuestados. Vista a nivel regional ..……...……20
Figura 3.2 Georreferenciación de encuestados. Vista a nivel de la ciudad de Temuco..……21
Figura 3.3 Comparación tiempo de viaje bicicleta, real vs sin calibrar ..……...……23
Figura 3.4 Comparación tiempo de viaje bicicleta, real vs calibrado…..……...……24
Figura 3.5 Comparación tiempo de viaje automóvil, real vs sin calibrar ..……...……25
Figura 3.6 Comparación tiempo de viaje automóvil, real vs calibrado…. ..……...…...……26
Figura 3.7 Comparación tiempo de viaje micro, real vs sin calibrar ..……...…...…….……28
Figura 3.8 Comparación tiempo de viaje micro, real vs calibrado ..……...……..…….……29
Figura 3.9 Comparación tiempo de espera micro, real vs sin calibrar ..……...…...……...…29
Figura 3.10 Comparación tiempo de espera micro, real vs calibrado.....……...…...…….…30
Figura 3.11 Comparación tiempo de acceso micro, real vs sin calibrar ..……...…...……31
Figura 3.12 Comparación tiempo de acceso micro, real vs calibrado…..……...…...…….…31

ÍNDICE DE FIGURAS ANEXO

Figura A.1 Encuesta Movilidad UFRO, parte 1……... ……...…….……57
Figura A.2 Encuesta Movilidad UFRO, parte 2……... ……...…….……58
Figura A.3 Encuesta Movilidad UFRO, parte 3……... ……...…….……59
Figura A.4 Encuesta Movilidad UFRO, parte 4……... ……...…….……60
Figura A.5 Encuesta Movilidad UFRO, parte 5……... ……...…….……61
Figura A.6 Encuesta Movilidad UFRO, parte 6……... ……...…….……62
Figura A.7 Encuesta Movilidad UFRO, parte 7……... ……...…….……63
Figura A.8 Encuesta Movilidad UFRO, parte 8……... ……...…….……64
Figura A.9 Encuesta Movilidad UFRO, parte 9……... ……...…….……64
Figura A.10 Encuesta Movilidad UFRO, parte 10……... …..……...……....……65
Figura A.11 Encuesta Movilidad UFRO, parte 11……... …..……...……...……66
Figura A.12 Encuesta Movilidad UFRO, parte 12……... …..……...……67
Figura A.13 Encuesta Movilidad UFRO, parte 13……... …..……...……68
Figura A.14 Encuesta Movilidad UFRO, parte 14……... …..……...……69
Figura A.15 Encuesta Movilidad UFRO, parte 15……... …..……...……70
Figura A.16 Encuesta Movilidad UFRO, parte 16……... …..……...……71
Figura A.17 Encuesta Movilidad UFRO, parte 17……... …..……...……72
Figura A.18 Encuesta Movilidad UFRO, parte 18……... …..……...……73
Figura A.19 Encuesta Movilidad UFRO, parte 19……... …..……...……74
Figura A.20 Encuesta Movilidad UFRO, parte 20……... …..……...……75
Figura A.21 Encuesta Movilidad UFRO, parte 21……... …..……...……76
Figura A.22 Encuesta Movilidad UFRO, parte 22……... …..……...……77
Figura A.23 Encuesta Movilidad UFRO, parte 23……... …..……...……78
Figura A.24 Encuesta Movilidad UFRO, parte 24……... …..……...……79
Figura A.25 Encuesta Movilidad UFRO, parte 25……... …..……...……80
Figura A.26 Encuesta Movilidad UFRO, parte 26……... …..……...……81

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del Problema

A través de los años el automóvil ha ido dominando el sistema de transporte urbano en muchas ciudades de Chile y el mundo. Su utilización masiva ha generado que estas se encuentren en un punto crítico de capacidad vial, derivando a serios problemas de congestión, accidentes de tránsito y elevados tiempos de viaje. Esto además ha generado que se produzca una constante presión de los usuarios a mejoras y aumento de infraestructura, lo cual genera un problema, debido a la limitación de los espacios urbanos.

A pesar de que en primera instancia el automóvil era considerado un modo de transporte más, se tiene evidencia que ahora es mucho más que solo una forma de llegar de un lugar a otro. Usuarios de este modo indican una variedad de beneficios prácticos que este les otorga con respecto a otros modos, tales como seguridad, comodidad, independencia y control, lo cual nos indica que la elección de un modo no siempre tiene que ver con su costo o el ahorro de tiempo. A pesar de esto, es un hecho que el automóvil es un sistema ineficiente de transporte, principalmente debido a su baja tasa de ocupación y distintas externalidades asociadas, como por ejemplo la contaminación. Además, los sistemas diseñados para el uso de este modo son prácticamente tan ineficientes como el automóvil mismo, infraestructura en espacios limitados y velocidades bajas de circulación son algunos de los ejemplos más claros (Domarchi *et al*., 2008).

De aquí se puede comprender la necesidad de buscar modos alternativos que puedan ser más amigables con el medio ambiente y la utilización de los espacios, a modo que eventualmente se reduzca la gran cantidad de vehículos circulando en las ciudades. A lo largo del país y específicamente en la ciudad de Temuco se han ido desarrollando proyectos de incorporación de ciclovías para fomentar el uso de la bicicleta, sin embargo, la evidencia indica que no se ha tenido el crecimiento esperado en la demanda de este modo en contraste con la inversión realizada. Esto ha sido una constante en las diferentes políticas implementadas, las cuales han tendido a fallar y/o a tener resultados insatisfactorios y no se ha tenido suficiente claridad en el porqué. Es por esto que se han generado ciertas interrogantes acerca de si se han dejado de lado algunos factores influyentes al momento de realizar el modelo de transporte aplicado a la implementación de estas nuevas políticas y proyectos.

Estudios realizados en países desarrollados implican que la influencia de otros factores además de los usualmente utilizados en los modelos de transporte, pueden tener efectos significativos en la elección modal y que van más allá de la infraestructura o condiciones socio-económicas de las personas. Estos factores son mayoritariamente de tipo psicosociales y contextuales, y se ha logrado observar por ejemplo que estos ayudan a reforzar el atractivo de las personas hacia el auto como modo, al momento de tomar una decisión.

Este complejo set de factores puede ser desglosado en diferentes aspectos tales como personalidad, actitud, afecto, salud, sociales, hábito y contextuales del entorno y del individuo. La poca caracterización del comportamiento humano y la debilidad de las suposiciones generadas en los modelos de transporte tradicionales, sugiere que es un proceso que necesita la incorporación de estos factores. Estos corresponden a nuevas variables que se denominan latentes, es decir, que no se observan directamente, pero sí se pueden inferir a partir de otras variables observables. Estas variables se pretenden vincular al estudio de la decisión individual de elegir un modo, con tal de comprender de forma integral el real impacto en el uso del mismo.

El proyecto a realizar centra su enfoque en la bicicleta como modo de transporte, ya que se le pueden asociar diferentes beneficios, tales como, medioambientales, económicos, de uso eficiente de la limitada capacidad vial y de salud tanto física como mental, por lo que se busca encontrar los factores que son influyentes en que el usuario decida o no utilizarla. Se pondrá énfasis en identificar las nuevas variables de tipo latentes que afecten a la elección modal, para así poder incorporarlas a los modelos de elección discreta generando de tal manera un nuevo modelo de tipo híbrido, que pueda predecir con mayor precisión el comportamiento humano y sus elecciones a la hora de movilizarse.

Los datos a utilizar en el estudio serán recopilados a través de una encuesta aplicada a toda la comunidad universitaria de la Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de factores psicosociales y del contexto en la elección de la bicicleta como modo de transporte en estudiantes y funcionarios de la Universidad de La Frontera.

1.2.2 Objetivos Específicos

i. Identificar los diferentes aspectos del entorno de mediano y largo plazo que son relevantes en la elección de la bicicleta.
ii. Evaluar aspectos sociodemográficos, socioeconómicos y de entorno en la elección modal.
iii. Realizar análisis de consistencia y descriptivo de los datos.
iv. Estimar modelo de elección discreta incorporando variables latentes.

CAPÍTULO 2
ANTECEDENTES GENERALES

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES GENERALES

Un modelo se define como una herramienta que busca representar la realidad de forma simplificada. Esta representación puede ser abstracta, conceptual, visual o física con el fin de describir y analizar cierto fenómeno. Dentro de los modelos abstractos se encuentran los modelos matemáticos, los cuales son el enfoque de este estudio, ya que estos buscan predecir un número de variables dependientes a partir de otras variables independientes.

En el caso del transporte existen modelos que tienen como objeto predecir de la mejor manera posible la elección de modos de transporte de los individuos. Los enfoques tradicionales se basan en estudiar el rol e influencia que poseen los atributos de las opciones disponibles, los cuales son principalmente de carácter sociodemográfico y socioeconómico, como por ejemplo edad, género y/o ingreso. Sin embargo, se ha reconocido que, al momento de escoger un modo, no solo estos factores serían los influyentes en el comportamiento y decisión final de las personas, sino que también aspectos como las emociones, personalidad, actitudes y restricciones del entorno, generarían una compleja interacción en el proceso de elección (Tudela *et al.*, 2013).

2.1 Modelos de Elección Discreta

La modelación de la demanda de transporte parte por definir por qué se producen los viajes de las personas, por lo que se busca explicar la generación y atracción de estos a un determinado lugar. A partir de esto, se produce la modelación de la distribución de estos viajes, midiendo el origen y destino de cada uno de ellos (Eliecer *et al.*, 2011). Se cuantifican la cantidad de viajes que tienen como origen la zona "i" y destino la zona "j" obteniendo así la matriz de viaje. Estos modelos dependen de factores como el costo generalizado del viaje, que corresponde a una combinación de precios y tiempos de viaje. Finalmente se obtienen los modelos de elección discreta que buscan predecir el comportamiento de los usuarios frente a la elección de los modos para trasladarse de dichos orígenes a sus destinos. Estos modelos se basan en la Teoría de la Utilidad Aleatoria y determinan la probabilidad de que los individuos elijan una cierta opción de modo de viaje dentro de un set acotado de alternativas, la cual se basa en características socioeconómicas y en la atracción relativa que dicha opción ofrece (Ortúzar y Willumsen, 2011).

2.1.1 Teoría de la Utilidad Aleatoria

El marco teórico más común para generar modelos de elección discreta es la Teoría de la Utilidad Aleatoria (Domencich y McFadden, 1975); (Williams, 1977), esta plantea representar el comportamiento de cierta población al ser expuesta a distintas alternativas, las cuales son limitadas, por lo que se analiza la comparación entre ellas basándose en la atracción que ellas reportan. Este análisis de comportamiento del usuario se encuentra basado en la microeconomía y tiene como suposición que las decisiones de los consumidores serán realizadas de manera determinística y racional y que siempre escogerán la combinación de alternativas que sea más beneficiosa para ellos. Este tipo de modelos son probabilísticos, por lo que el valor de la utilidad debe estar restringida con las demás alternativas y transformada a un valor entre 0 y 1.

Para representar la atracción de las alternativas se utiliza el concepto de utilidad, el cual es definido como aquello que el individuo busca maximizar. Las alternativas como tal no producen utilidad, sino que esta es derivada de sus características particulares, así como también las del individuo.

Se tiene una población Q, compuesta por una cantidad de individuos q, que poseen información perfecta y actúan racionalmente. Existe un conjunto de alternativas A disponibles en las cuales para cada individuo estará asociada una alternativa j la cual resultará en una utilidad neta U_{jq}. Se asume que el modelador no cuenta con información completa asociada a la valoración de los individuos a los distintos atributos de las alternativas por lo que se le asocia una utilidad representativa V_{jq} a la parte medible y una parte aleatoria ε_{jq} reflejando dicha particularidad de cada individuo, además de cualquier otro error observacional o de medición que se pudo haber cometido (Ortúzar y Willumsen, 2011). Por lo que se tiene que la Utilidad Neta queda definida como:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \qquad \textbf{(2.1)}$$

V_{jq} representa la utilidad indirecta, la cual es definida como una combinación linear de variables, donde cada una representa un atributo de una opción o características del individuo y donde cada coeficiente corresponde a la influencia de cada atributo, en términos de contribución en la satisfacción total dada por las diferentes alternativas.

Quedando en la siguiente ecuación:

$$U_{jq} = \sum_{k} \theta_{kj} \cdot X_{jkq} + \varepsilon_{jq} \quad \textbf{(2.2)}$$

Donde:

θ: Parámetros de comportamiento.

X_{jq}: Atributos medibles del usuario o de la alternativa.

ε_{jq}: Errores de atributos no observados.

Los parámetros θ se asumen constantes para todos los individuos del set homogéneo, pero pueden variar entre cada alternativa. Por otro lado, el indicador ε_{jq} puede indicar la explicación de dos casos de aparentes contradicciones, el primero que dos individuos con un mismo conjunto factible de elección, escojan alternativas diferentes, y el otro que un individuo no siempre escoja lo que es indicado como mejor alternativa, desde el punto de vista de la utilidad (Ortúzar y Willumsen, 2011).

La teoría postula que el individuo q seleccionará la alternativa de máxima utilidad, es decir escogerá A_j sí y solo sí:

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall\, A_i \in A(q) \quad \textbf{(2.3)}$$

Lo que equivale a:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \quad \textbf{(2.4)}$$

Dada la naturaleza aleatoria de la expresión ε_{jq} el modelador solo puede postular la probabilidad de elección de un modo, ya que no se puede saber con certeza si el individuo optará o no por la alternativa indicada. Para esto la probabilidad de elección se define como:

$$P_{jq} = Prob\{V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}, \forall\, A_i \,\epsilon\, A(q)\} \quad \textbf{(2.5)}$$

Si son más de dos alternativas se requiere calcular la probabilidad conjunta de todos los eventos simultáneos.

2.1.2 Modelo Logit Multinomial (MNL)

El MNL es el modelo de elección discreta más ampliamente utilizado (Domencich y McFadden, 1975) y puede ser generado asumiendo que los factores de error utilizados en la *ecuación (2.4),* son independientes e idénticamente distribuidos (IID) Gumbel (también llamada Weibull), con media cero y varianza σ. Por lo que con esta suposición se tiene que la probabilidad de que un individuo escoja cierta alternativa está dada por:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta\, V_{iq})}{\sum_{A_j\, \epsilon\, A(q)} \exp(\beta\, V_{jq})} \qquad \textbf{(2.6)}$$

Donde β corresponde a un factor de escala relacionado con la varianza del coeficiente de error, y se define como:

$$\beta = \pi/\sqrt{6\sigma} \qquad \textbf{(2.7)}$$

Sin embargo, el factor β se determina inestimable, debido a que se encuentra multiplicando los parámetros θ_{ij}, los cuales también se pretenden determinar, por lo que se asume generalmente con un valor de 1. De esta manera los valores de los coeficientes de θ_{ij} se verán desfasados por el valor real de β, lo que, en la mayoría de los casos prácticos, no tiene gran relevancia (Bahamonde, 2011).

El modelo tiene como principal limitación el no poder adoptar alternativas con correlaciones, debido a las suposiciones realizadas con respecto a los factores de error y además como asume todos los parámetros fijos, tampoco permite variabilidad en los gustos de cada individuo (Bahamonde, 2011)

2.1.2.1 Especificaciones de estimación

Para poder determinar cuáles son los atributos o variables x_{jq} que entrarán finalmente en la función de utilidad, tanto si serán de tipo genérico o específico para una alternativa en particular, se suele realizar un proceso de prueba, iniciando con una especificación general que sea teóricamente atractiva (Ortuzar, 1982). A partir de esto se van midiendo las variaciones en cada uno de los pasos, para poder testear si aportan algún tipo de poder explicativo al modelo.

Las variables pueden ser de dos tipos, genéricas, si es que aparecen en cada una de las funciones de utilidad de cada modo, y sus coeficientes θ se asumen idénticos, o de tipo específicas, donde no es factible que los coeficientes sean iguales, donde por ejemplo el atributo aparece solo en uno de los modos (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Cuando una variable tiene el mismo valor para cualquiera de los modos, por ejemplo, género (se le asigna el valor 0 a hombres y 1 a mujeres), no es posible estimar los parámetros para todos los modos, sino que solamente para (*N-1)* modos, ya que de otra manera se anularían entre sí. El problema generado por estas variables (que son atributos de los usuarios), está compuesto por el hecho de que no es siempre fácil o evidente en cuál de las alternativas, la variable debe ser incorporada. Esto deriva a que se debe ir probando las variables de diferentes maneras, lo que implica evidentemente diferentes resultados de estimación y por lo tanto elegir el óptimo entre todas las variables puede resultar en un complejo problema combinatorio, incluso para un grupo pequeño de opciones y atributos. Debido a que no existen aspectos teóricos sobre alguna manera mejor que la otra para abordar esta situación, se puede concluir que la única forma es la prueba y error (Ortúzar y Willumsen, 2011).

2.2 Teoría del Comportamiento Interpersonal de Triandis (TIB)

En el mundo de la Psicología se ha reconocido que al momento de escoger una alternativa y/o tomar una decisión en cualquier ámbito, ocurre una cierta interacción de creencias, valores, emociones, actitudes y rasgos personalidad que derivan en la inclinación por un camino, sea o no el más racional (Ben Akiva *et al*., 2002); (Johannson *et al*., 2006). Estudios muestran que la actitud tiene directa relación con el comportamiento y existen muchas teorías que han estudiado la interacción entre estos dos aspectos, una de ellas es la Teoría del Comportamiento Interpersonal de Triandis (TIB) postulada en 1977. Este modelo es uno de los más utilizados debido a que contempla un grupo más extenso de factores que además de la actitud afectarían el comportamiento, dejándolo como uno de los más completos (Tudela *et al.*, 2013).

El clásico diagrama de esta teoría, presentado en la Figura 1 muestra la correlación positiva entre el comportamiento y la actitud, pero que sin embargo no es directa. Además, se puede observar que es la intención y no la actitud el aspecto que precede a la conducta. Triandis propone que la

actitud, los factores sociales y los factores afectivos son los que determinan la intención, y que esta sumada al hábito y al contexto generan finalmente la conducta o comportamiento. Se explica a continuación de manera más detallada los distintos componentes abarcados en este modelo.

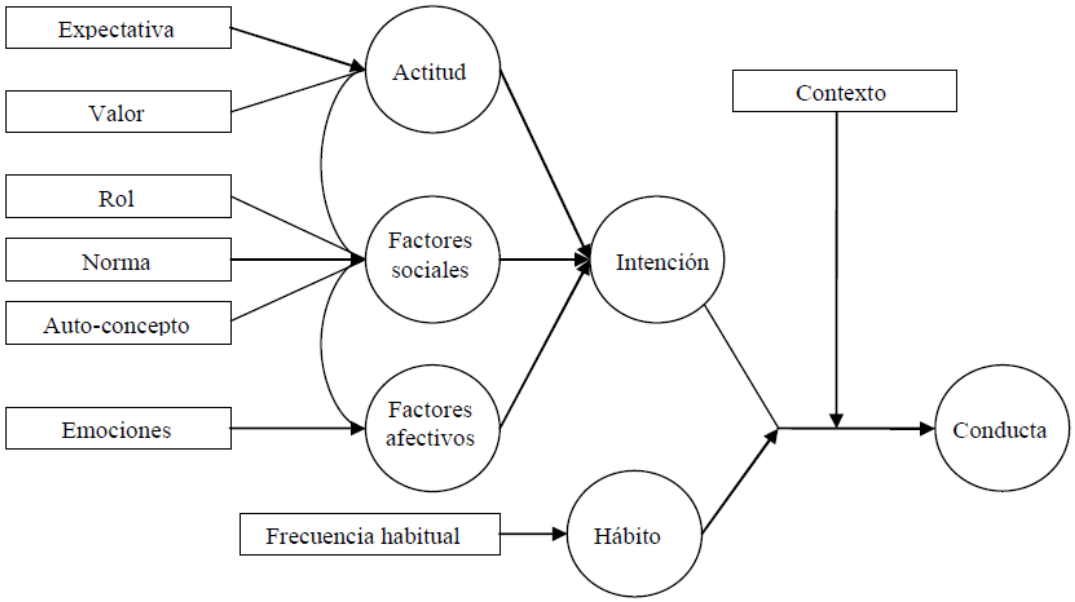


Figura 2.1. Teoría del comportamiento interpersonal de Triandis (Tudela *et al*., 2013)

2.2.1 Actitud

Se entiende como una evaluación a largo plazo de algún aspecto del mundo social, denominado objeto actitudinal, y que posee una dirección y una intensidad. La actitud hace referencia a la valoración positiva o negativa con respecto a estos aspectos. Existe un principio denominado *Expectativa-Valor* (Reeve, 2005), que se utiliza para medir la actitud, donde la fuerza dependerá de dos factores: las expectativas que tendrán los individuos con respecto a los resultados del comportamiento, y la importancia que le asignan a dichos resultados. De este modo ambos factores pueden ser medidos a través de lo que se denominan escalas Likert, las cuales asignan valores numéricos dentro de un rango, a respuestas determinadas. Para el caso de la actitud el resultado del producto entre las mediciones de expectativa y valor es el componente final a ser modelado, por lo que, si alguno de ellos fuera nulo, la actitud hacia el comportamiento sería neutral (Tapia *et al*., 2013).

2.2.2 Factores Sociales

Estos factores surgen del entorno en los cuales se encuentra inmerso el individuo y que se conoce pueden afectar el comportamiento de éste. La Teoría de Triandis plantea que existen tres variables que influirían en la formación de estos factores, estas son la norma, el rol y el autoconcepto. La norma indica la conducta que las personas deben tener según lo que un grupo social considere como adecuado, lo que se traduce básicamente en la presión social a la que está expuesto un individuo al actuar o no de tal manera. El rol tiene que ver con el comportamiento esperado según su posición social y el autoconcepto se refiere a la percepción que el individuo tiene sobre sí mismo. Tanto la norma como el rol pueden ser medidos por la ya mencionada escala de Likert, a través de preguntas que indiquen su grado de acuerdo frente a situaciones sociales. El autoconcepto por otra parte puede ser caracterizado por el denominado diferencial semántico de Osgood, el cual corresponde a una escala que busca identificar el significado de algún concepto de interés (Osgood *et al.,* 1976). Este utiliza un método de agrupación de pares con conceptos antónimos buscando ubicar la autopercepción del individuo al irse identificando con cada una de las opciones del par (Tudela *et al.,* 2013).

2.2.3 Factores Afectivos

Estos factores toman en cuenta las emociones de los individuos, las cuales surgen de lo que puede provocar cierto lugar, objeto o evento en las decisiones de las personas. Se conoce que estos pueden hacer surgir un cierto estado de ánimo y que este es capaz de generar una cierta disposición y eventual respuesta de manera parcialmente inconsciente. Una valoración positiva atribuye cualidades afectivas a ciertas cosas o lugares, lo cual deriva finalmente en la adquisición de cierta actitud hacia dicho evento (Anable y Gatersleben, 2004). Para medir el afecto se utiliza el diferencial semántico de Osgood (Osgood *et al*., 1976). Este método como se mencionó anteriormente agrupa pares de adjetivos antónimos que permitirían capturar dicho afecto o emoción que genera en este caso un modo de transporte (Tudela *et al*, 2013).

2.2.4 Hábito

Se determina que la conducta no siempre es precedida tan solo por una intención (Domarchi *et al.,* 2008); (Gardner, 2009), sino que existe un factor importante de familiaridad y frecuencia

conductual que puede afectar la toma de decisiones e incluso predecir de mejor manera dicho comportamiento. Este factor no se considera como un factor óptimo ya que pasa por alto la búsqueda y procesamiento de información con respecto a las alternativas disponibles, lo que implica finalmente en un no razonamiento y eventual toma de una alternativa poco beneficiosa (Bämberg *et al.*, 2003). Un hábito emerge de un contexto de situación estable, pero que puede llegar a generalizarse a tal punto que la estabilidad ya no será un factor influyente en la persistencia del comportamiento. Para medir el hábito se utiliza el denominado cuestionario respuesta-frecuencia elaborado por Verplanken, el cual consiste en una lista de actividades no relacionadas, en donde se pide al individuo elegir el modo que utilizaría para realizar cada una de ellas (Verplanken *et al.*, 1994). A partir de esto es posible determinar un índice para cada modo de acuerdo a la frecuencia de elección (Tapia *et al*, 2013).

2.3 Modelo Hibrido de Elección Modal

Como se mencionó anteriormente los modelos clásicos de transporte no incorporan factores de preferencias asociados a las percepciones y actitudes de los individuos. Es por esto que se ha propuesto el ser considerados, ya que pueden ser influyentes en las decisiones de elección modal (Morikawa y Sasaki, 1998); (Ashok *et al*., 2002); (Abou-Zeid y Ben-Akiva, 2009). A diferencia de las variables utilizadas en los modelos tradicionales, estos factores no son de carácter tangible, pero que gracias a los distintos análisis psicosociales se pueden llegar a cuantificar de manera indirecta mediante los métodos de escalas y cuestionarios ya mencionados. Es por esto que se ha debido realizar la creación de un nuevo modelo denominado híbrido que permita poder relacionar ambos métodos de estudio.

Estos modelos deben incorporar las nuevas variables a la utilidad neta calculada anteriormente en el modelo MNL, para lo cual se han desarrollado dos métodos para la estimación de modelos con ambos tipos de variables. El primero, de enfoque secuencial, en el cual las variables latentes se construyen antes de entrar en el modelo de elección discreta como una variable regular más (Ashok *et al*., 2002); (Vredin Johansson *et al*., 2005); (Raveau *et al*., 2010) y el segundo, de enfoque simultáneo, donde ambos procesos de estimación se realizan en conjunto (Bolduc *et al*., 2008); (Raveau *et al*., 2009). Se ha discutido que el segundo enfoque debiera resultar en coeficientes más eficientes de los parámetros involucrados (Ben Akiva *et al*., 2002), pero ha sido menos utilizado

debido a su gran complejidad y restricción en los softwares disponibles, los cuales no permiten explotar el completo potencial de los modelos. Para el caso de este estudio se utilizará el enfoque secuencial.

Para hacer uso de las variables latentes (Bollen, 1989) se estima un modelo MIMIC (Multiple Indicator Multiple Cause), donde las variables latentes (η_{ilq}) son explicadas por características (S_{iqr}) de los usuarios y de las alternativas a través de ecuaciones estructurales, tales como (2.8) y al mismo tiempo las variables latentes explican los indicadores de percepción (γ_{ipq}) a través de ecuaciones de medición como (2.9).

$$\eta_{ilq} = \sum_{r} \alpha_{ilr} \cdot S_{iqr} + \upsilon_{ilq} \quad \textbf{(2.8)}$$

$$y_{ipq} = \sum_{l} \gamma_{ilp} \cdot \eta_{ilq} + \zeta_{ipq} \quad \textbf{(2.9)}$$

El subíndice *l* indica la abreviación para latente, *r* indica variable explicatoria, *i* se refiere a una alternativa, *q* a un individuo y el subíndice *p* a un indicador de percepción. Los parámetros α_{ilr} y γ_{ilp} se deben estimar, mientras que υ_{ilq} y ζ_{ipq} son los factores del error asociado y que tienen media cero y cierta matriz de covarianza. Ya que las variables latentes son desconocidas, se debe interpretar ambas ecuaciones en conjunto para poder estimar los parámetros requeridos. (Bahamonde, 2011). Finalmente incorporando las nuevas variables al modelo se tiene una estructura actualizada de la utilidad indirecta de la *ecuación (2.2)*, resultando en la siguiente ecuación:

$$y_{ipq} = \sum_{k} \theta_{ik} \cdot X_{ikq} + \sum_{l} \beta_{il} \cdot \eta_{ilq} \quad \textbf{(2.10)}$$

Donde θ_{ik} y β_{il} son los parámetros a ser estimados, sin embargo, ya que las variables η_{ilq} son desconocidas, el modelo se debe estimar en conjunto con las ecuaciones estructurales (2.8) y de medición (2.9) del modelo MIMIC. (Ortúzar y Willumsen, 2011). La Figura 2.2, representa de una manera simplificada los conceptos básicos de los modelos híbridos aplicando lo recién abordado.

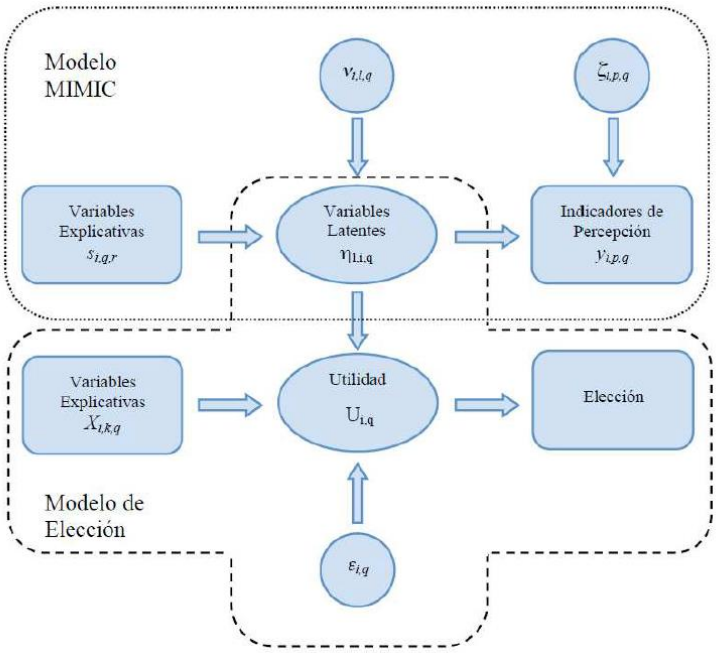


Figura 2.2. Esquema Modelo Híbrido de Elección Modal *(Bahamonde, 2011)*.

2.4 Estudios Realizados

Un estudio realizado el año 2008 aplicado a la comunidad universitaria de la Universidad de Concepción, busco entender particularmente el efecto de las actitudes, el hábito y los factores afectivos en la elección de un modo de transporte. Una muestra final de 183 personas fue evaluada y modelada utilizando una encuesta como instrumento de medición de datos, la cual incorporó los distintos métodos mencionados en la sección 2.2, para la medición de variables latentes.

El estudio indicó que a pesar que se consideró una muestra pequeña de datos que no permite generalizar los resultados, estos sin duda mostraron interesantes conclusiones que son un aporte para el campo de estudio. Dentro de ellos se encontró clara evidencia de que estas variables tienen una significativa influencia en la elección modal. Usuarios con uso habitual del automóvil, no desarrollan un comportamiento de intención antes de decidir utilizar dicho modo, si no que más bien tienen una fuerte frecuencia de uso, y es probable que desarrollen una actitud positiva y eventual afecto al utilizarlo.

Por el contrario, si se parte en que existe una actitud positiva, es probable que esta derive en emociones hacia el automóvil y finalmente se desarrollen y fortalezcan los hábitos, lo cual genera por ende un círculo vicioso bastante difícil de romper con las técnicas de persuasión actuales. Por otro lado, se observó que cuando se añadieron estos factores psicológicos al modelo de elección discreta, este mejoro su ajuste y significancia estadística, a pesar de la simplicidad de la metodología y la muestra reducida de encuestados (Domarchi *et al*., 2008).

En el año 2011 un nuevo estudio realizado por la Universidad de Concepción se aplicó a un pequeño grupo de 99 personas, el cual fue enfocado en abordar en detalle la caracterización del factor social, como objeto explicativo de la intención, pero que de igual manera incluyó la medición de los demás elementos de actitud, afecto y hábito. El análisis de las respuestas entregó que el rol y la norma social actúan en la elección de modo en mayor magnitud en personas de un mejor nivel socioeconómico de la muestra, y que el autoconcepto, tiene una estrecha relación con la valorización afectiva respecto al modo utilizado.

En cuanto a las conclusiones del estudio se indica que los resultados de la modelación basados solo en los atributos de nivel de servicio, costo y variables socioeconómicas, dan evidencia que podrían inducir decisiones erróneas, desde el punto de vista de políticas de transporte. Es decir, que las influencias de una positiva y fuerte actitud y afecto hacia el automóvil, reforzada con el hábito, además de una relevante influencia del rol y norma social, si no son tomadas en cuenta podrían llevar a políticas de reducción de uso del automóvil fundamentadas solo en la internalización de los costos, lo cual conllevará a no tener el efecto deseado (Alderete y Tudela, 2011).

Otro estudio realizado el año 2014 por la Universidad de Cornell, Ithaca, NY, se centró en el análisis de los efectos del clima en la demanda del uso de las bicicletas, para la cual elaboró un modelo híbrido con variables latentes. Al igual que en los demás estudios se utilizó una encuesta como recopilador de datos, donde se incluyeron elementos como infraestructura de ciclovías, topografía de la ruta y por supuesto condiciones climáticas. La encuesta fue aplicada a la comunidad de la Universidad de Cornell, recopilando 599 personas con respuestas válidas. Se testearon varios modelos, a los cuales se incorporaron 3 variables latentes, rango del ciclista, restricciones externas y estado físico.

El análisis mostró que la presencia de ciclovías es apreciada tanto en ciclistas con avanzadas habilidades y experiencia, como en los de menor habilidad, e incluso que estos últimos aprecian hasta 1.6 veces más la disponibilidad de dichas ciclovías. Por otro lado, se observó que los ciclistas menos experimentados se ven mucho más afectados por elementos climáticos como lluvia o nieve, siendo hasta 2.5 veces más molesto en el caso de la lluvia 4 veces en el caso de la nieve (Motoaki y Daziano, 2014).

Estas investigaciones son un ejemplo de los nuevos enfoques que están teniendo los estudios de transporte y que en el caso de los dos primeros aun encontrándose en fase de prueba o exploratoria de la confiabilidad y aporte de estos modelos, mientras que en el caso del último ya de una aplicación real de este tipo de modelos, siendo utilizado como herramienta fiable y con resultados óptimos.

CAPÍTULO 3
METODOLOGÍA DE TRABAJO

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Instrumento de Medición

Para la recopilación de datos del estudio, se realizó la aplicación de una encuesta tipo cuestionario a estudiantes y funcionarios docentes y no docentes de la Universidad de La Frontera, obteniendo así la información necesaria de los viajeros y sus modos de preferencia con motivo de trabajo o estudio. La encuesta contó con 117 preguntas y tuvo una duración aproximada de 20 minutos para ser completada. La participación de esta fue de carácter voluntario y confidencial, ya que no se solicita la identificación del encuestado en el proceso y se requiere la aceptación del consentimiento informado previo a continuar con la encuesta, por lo que las respuestas y opiniones son finalmente de carácter anónimo. La distribución se hizo mediante correos electrónicos, como fuente para acceder a la plataforma online Survey Monkey en la cual fue desarrollada. La encuesta fue enviada a 12.243 personas entre los periodos del 1 diciembre de 2018 y 1 abril de 2019, donde se recopilaron 1.641 (13.4%) respuestas de las cuales 604 (4.9%) fueron finalmente los cuestionarios contestados de manera completa.

La encuesta se divide en 3 secciones donde se abarca en primera instancia los ámbitos sociodemográficos y socioeconómicos, luego se incluye preguntas enfocadas al contexto de viaje y finalmente la tercera parte considera los factores psicosociales y de hábito. La encuesta completa se encuentra en la sección Anexos A.

3.1.1 Información Sociodemográfica y Socioeconómica

La primera parte correspondiente a elementos sociodemográficos fue obtenida a través de preguntas cerradas y directas contemplando las variables más usuales tales como ocupación, edad, género, posesión de licencia de conducir, número de personas que viven en el hogar, número de menores de 12 años que viven en el hogar y número de automóviles. Además, se incluyó, debido al enfoque del estudio, número de bicicletas y habilidad en la bicicleta, buscando indagar en los aspectos que pudiesen afectar el uso de la misma. La información socioeconómica se abarca en las preguntas de ingresos individuales y familiares, sin embargo, se incluyen en la parte final de la encuesta con el fin aminorar algún tipo de incomodidad al encuestado y posible arrepentimiento de seguir contestando.

3.1.2 Información del viaje y entorno

La segunda parte incluye los aspectos de movilidad diaria y contexto de viaje, donde se hace solicitud de los siguientes datos.

Se pide indicar el lugar de origen del viaje, ya sea dirección o esquina más cercana, para luego seleccionar el campus al cuál se dirigió. Posteriormente se solicita la distancia recorrida, y el tiempo de viaje de manera indirecta a través de la hora de salida y llegada, además de si hubo realización de alguna actividad extra durante el trayecto que pudiera alterar dicho tiempo. Lo siguiente requerido fue el costo total del viaje, que dependiendo del modo podría variar en pasaje, combustible, estacionamiento, etc. Inmediatamente se pregunta por el modo de viaje escogido, número de días que viaja en cada modo, enumeración de preferencias de los demás modos en caso de no poder viajar en el indicado anteriormente, esto con objeto de determinar la disponibilidad de los modos y se pide además llenar una matriz de estimación de tiempos de viaje y costos para cada uno.

Finalmente, y asociado al uso de la bicicleta, se incluyen preguntas de porcentaje de pendientes en el camino, clima, si viajo o no acompañado, volumen de las pertenencias con las que viajó, porcentaje de ciclovías en el trayecto, calidad de las ciclovías, disponibilidad de estacionamientos de bicicletas, calidad de los estacionamientos y disponibilidad de duchas.

Cabe mencionar que la encuesta tuvo 2 versiones, debido a que la original, enviada en diciembre de 2018, no incluía las preguntas de campus de destino, existiendo más de uno en Temuco, y tampoco incluía la matriz de tiempos de viajes y costos. Esto se modificó en marzo de 2019 por lo que, de los 604 encuestados finales, 308 son de la primera versión y 296 de la segunda. La estimación de los datos faltantes se muestra en la sección 3.2.2.

3.1.3 Información de Factores Psicosociales y Hábito

Por último, la tercera parte del cuestionario corresponde a los factores psicosociales los cuales se dividen en 5: Actitud, Afecto, Rol, Norma y Autoconcepto. Además, se incluye como otra variable explicativa el Hábito. Para el caso de este estudio y para efectos de la modelación y un análisis más acotado, se enfocará en analizar únicamente los aspectos de actitud, hábito y afecto para la bicicleta.

Para la medición de estos aspectos se utilizan diferentes métodos, los cuales fueron descritos en la sección 2.2. A continuación, se muestra la aplicación de estos enfoques para la interpretación de cada una de las variables.

3.1.3.1 Medición de la Actitud

Se utilizó la ya mencionada Escala de Likert asignando un rango de 5 puntos, los cuales se miden a través de grado de concordancia con las afirmaciones expuestas. Para la actitud se busca medir las expectativas y valoraciones de las personas hacia distintos aspectos para los tres modos de interés, los cuales son la bicicleta, el automóvil y el transporte público. El encuestado debe indicar su grado de acuerdo personal para los 3 modos independiente del que utilice.

Las actitudes a evaluar se basan en los siguientes conceptos: comodidad, diversión, medio ambiente, salud física y mental, economía y seguridad. Por lo que para evaluar estos aspectos se pregunta primero por su valoración hacia cada uno de ellos de manera general, y luego por su expectativa para cada modo. Es decir, la primera afirmación corresponde a "Es importante que mi viaje a la Universidad sea cómodo", la cual corresponde a la valoración, donde el encuestado debe marcar de acuerdo a la escala de 5 puntos asignada a Muy de acuerdo, De acuerdo, Indiferente, En desacuerdo, Muy en desacuerdo. Posteriormente se indican las siguientes afirmaciones: "Viajar en Bicicleta a la Universidad es cómodo", "Viajar en Automóvil a la Universidad es cómodo" y "Viajar en Bus a la Universidad es cómodo", las cuales corresponden a las expectativas, donde el encuestado debe responder con la misma escala anterior.

3.1.3.2 Medición del Afecto

El factor afectivo se midió aplicando el diferencial semántico de Osgood, mencionado en la sección 2.2.2. Al igual que en la actitud se hace diferenciación en los 3 modos: bicicleta, automóvil y transporte público. Se utilizaron 16 escalas semánticas con pares de conceptos antónimos en los extremos de cada una de ellas, donde se solicita al encuestado mover la herramienta deslizante hacia el lado que crea más representativo para el modo solicitado.

Entre cada par de conceptos existe una escala de 7 puntos, y para que la medición sea efectiva se deben ubicar los pares de extremos de manera aleatoria a lo largo de la sección, no dejando todos

los extremos negativos a un lado y los positivos al otro, para que no exista algún tipo de interpretación de un lado "correcto" por parte del encuestado. Los pares de conceptos fueron obtenidos de (Domarchi C. , 2007) y son los mostrados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Lista de pares opuestos para medir factor afectivo.

Pares Opuestos			
Malo	Bueno	Despoblado	Poblado
Incómodo	Cómodo	Lento	Rápido
Desagradable	Agradable	Pasivo	Activo
Sucio	Limpio	Intranquilo	Tranquilo
Débil	Fuerte	Complejo	Sencillo
Insignificante	Grandioso	Inseguro	Seguro
Inflexible	Flexible	Oscuro	Claro
Pequeño	Grande	Desconocido	Conocido

3.1.3.3 Medición del Hábito

Para la información del hábito se utilizó el cuestionario de respuesta-frecuencia de comportamiento habitual (Verplanklen y Van Knippenberg, 1997), el cual consiste en un listado de 10 actividades, donde el encuestado debe indicar el modo que utilizaría en cada caso, esperablemente de manera rápida y sin mucha deliberación, instrucción que se menciona al comenzar el ítem. La serie de actividades son: realizar una actividad al aire libre, visitar a un amigo, visitar familiares, ir de compras, ir a hacer algún deporte, salir por la noche, comprar en el supermercado, comer en un restorán, ir al cine e ir al terminal de buses.

3.2 Análisis Consistencia de Datos

Una vez obtenidos los datos finales, con un total de 604 encuestas completadas medidas con fecha de cierre 1 de abril de 2019, se procedió a hacer una limpieza y análisis de consistencia de los mismos, procurando que las respuestas tuvieran concordancia entre ellas o no existieran datos fuera de lugar, además de otros criterios que se mostrarán a continuación. Los datos fueron descargados directamente de la página web Survey Monkey en formato .xls, para ser analizados en el software Excel.

3.2.1 Georreferenciación de encuestados

El primer paso para el análisis de datos fue la georreferenciación de las direcciones o puntos de referencia indicados como dirección de origen de todos los encuestados. Es decir, cada una de las direcciones se identificó utilizando diferentes herramientas de mapas satelitales disponibles tales como, Google Maps, OpenStreetMap, Esri Map, Wikimapia, entre otras, para luego marcar cada una de estas ubicaciones en Google Earth y ser guardadas a través de un archivo en formato kmz.

Los individuos tuvieron procedencia tanto de la ciudad de Temuco, como de pueblos y ciudades en la cercanía, tales como Labranza, Nueva Imperial, Padre las Casas, Pitrufquén, Lautaro, entre otras. En la Figura 3.1 se puede apreciar la totalidad de los encuestados y sus lugares de origen en las afueras de Temuco, mientras que, en la Figura 3.2, se puede observar la distribución dentro de la ciudad.

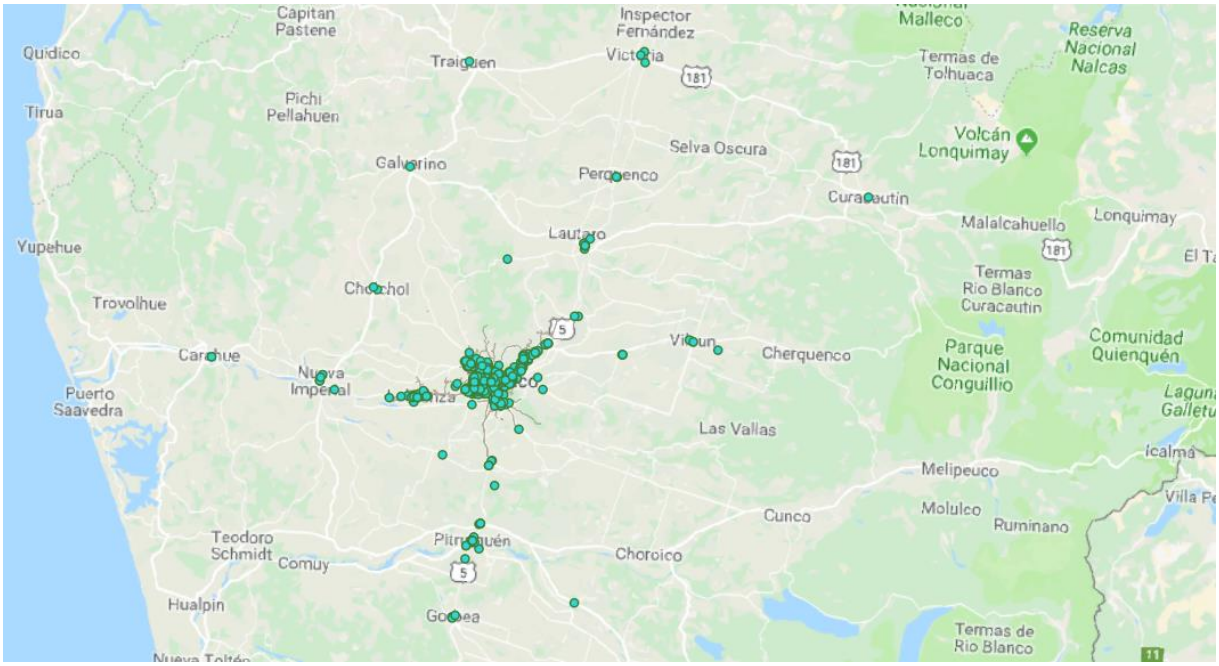


Figura 3.1. Georreferenciación de encuestados. Vista a nivel regional

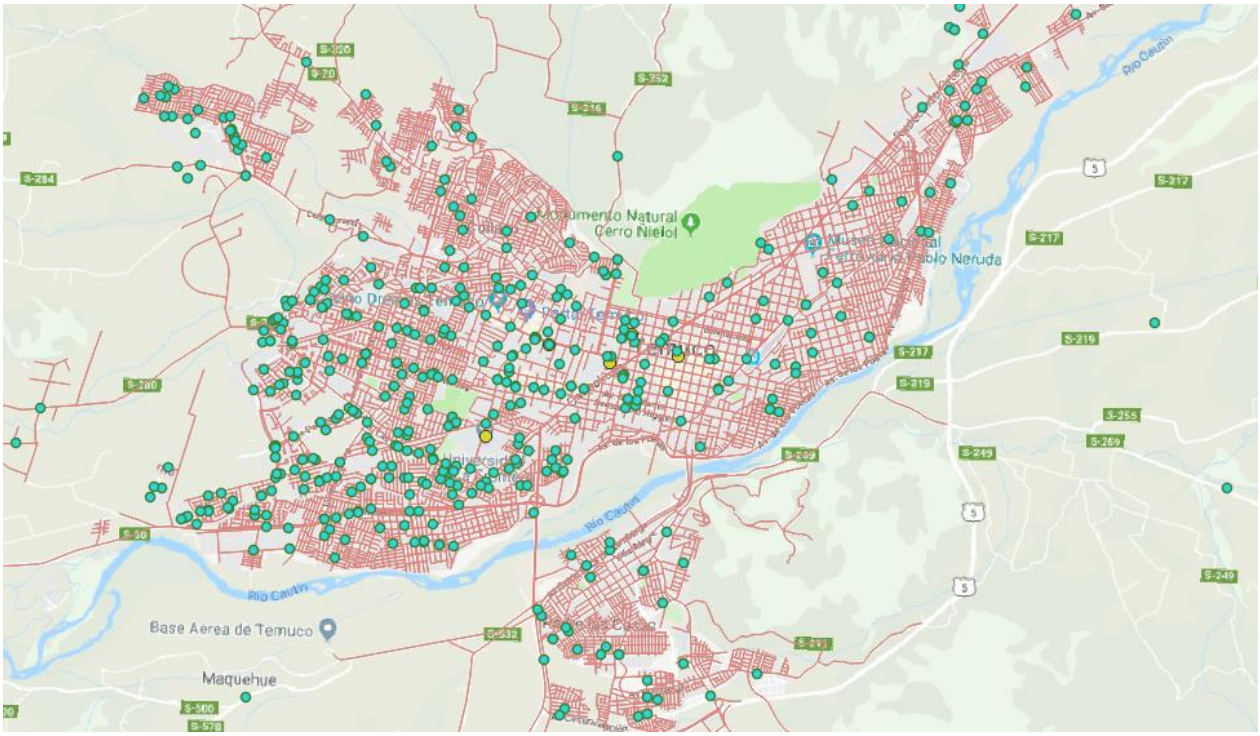


Figura 3.2. Georreferenciación de encuestados. Vista a nivel de la ciudad de Temuco

3.2.2 Estimación y Calibración de Datos

Debido a que la primera mitad de los encuestados no contó con las preguntas del campus al que se dirigían, ni la matriz de tiempos de viaje y costos, se debió realizar una estimación de los mismos.

Para el caso del campus, se asumió en primera instancia que todos se dirigían al Campus Central Andrés Bello, y a medida que se fueron registrando los datos de distancia a través de Google Maps, se pudo ir comparando con las distancias declaradas por el encuestado e ir confirmando o cambiando dicho campus con el Campus de la Salud.

Por otro lado, para la matriz de viajes, se necesitaba estimar tiempo de viaje de la bicicleta, tiempo de viaje del automóvil, costo del viaje del automóvil, tiempo de viaje transporte público (micro o colectivo, según corresponda), tiempo de espera (en el paradero), tiempo de acceso (caminando) y costo del viaje en transporte público.

3.2.2.1 Calibración Bicicleta

Para la estimación del tiempo de viaje de la bicicleta, se registraron en primera instancia todas las distancias de caminata entregadas por Google Maps, luego utilizando el tiempo de viaje declarado de las personas que utilizaron como modo la bicicleta, se procedió a realizar una calibración utilizando ambos datos y dejando el finalmente el tiempo de viaje simulado en función de dicha distancia. La cantidad de encuestados para la calibración fue de 56 y para ello se determinó la siguiente función:

$$TV_B = \theta_o + \theta_1 \cdot \frac{D_g \cdot V}{60} \quad \textbf{(3.1)}$$

Donde:

$TV_B =$ Tiempo de Viaje Bicicleta Simulado (min)

$\theta_0 =$ Coeficiente 0 a estimar.

$\theta_1 =$ Coeficiente 1 a estimar.

$D_g =$ Distancia Google Maps (km)

$V =$ Velocidad a estimar (km/h)

Para poder estimar los parámetros se asignaron valores iniciales, donde θ_0 = 0 y $\theta_1 = 1$ y la velocidad se asignó como 10 (km/h), con estos datos se calculó el error entre el tiempo real y el simulado utilizando el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Este procedimiento consiste en minimizar la suma de los residuos al cuadrado, teniendo como residuo o error la diferencia de los valores de los datos observados en la muestra y los de la regresión estimada o modelo (Hanke y Wichern, 2006). Esto se refleja en la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = (TV_D - TV_S)^2 \quad \textbf{(3.2)}$$

Donde:

$\varepsilon =$ Error.

$TV_D =$ Tiempo de Viaje Declarado (min).

$TV_S =$ Tiempo de Viaje Simulado (min).

La sumatoria de los errores iniciales dio un valor total de 2817, para minimizar este valor se utilizó la herramienta Solver del programa Excel, la cual modificando los valores de θ_0, θ_1 y Velocidad, se obtuvo finalmente que el error disminuyó a 1235, obteniendo los valores mostrados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Parámetros obtenidos calibración bicicleta

Parámetros Calibración Bicicleta	
θ_0	6,759
θ_1	0,649
V (Km/h)	11,6

En las figuras 3.3 y 3.4 se puede observar la diferencia y el ajuste de los valores inicialmente simulados a los optimizados por el Solver. Se muestra una clara mejora en la línea de tendencia de los valores simulados al minimizar los errores, logrando acercarse de mejor manera a los valores reales.

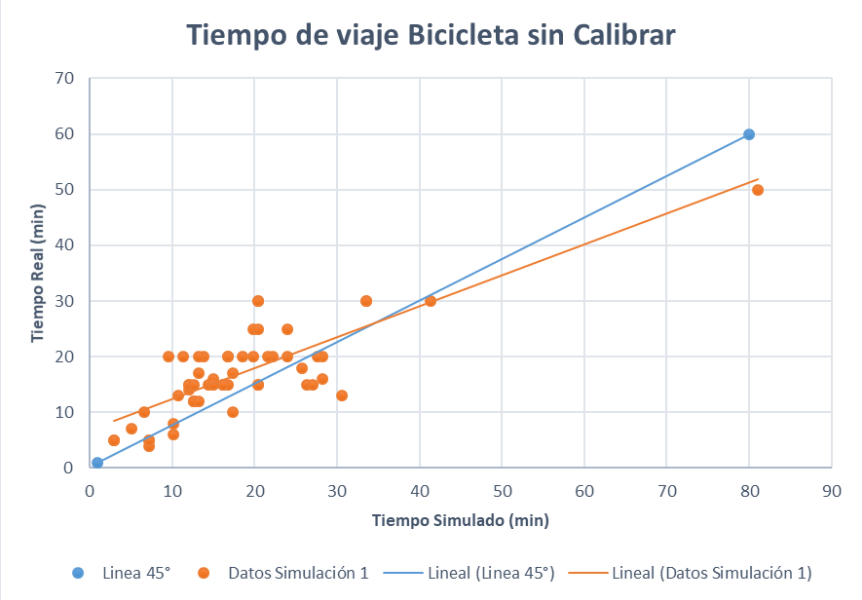


Figura 3.3. Comparación tiempo de viaje bicicleta, real vs sin calibrar.

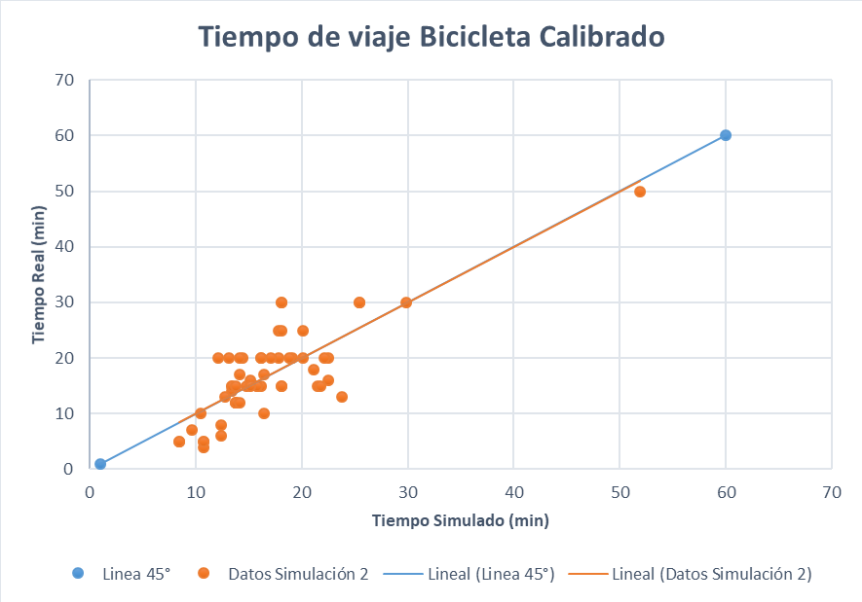


Figura 3.4. Comparación Tiempo de viaje bicicleta, real vs calibrado.

3.2.2.2 Calibración Automóvil

Para el caso del tiempo de viaje del automóvil se utilizó un método similar, donde ahora se ocuparon directamente los tiempos de viaje señalados por Google Maps, para así compararlos con los tiempos declarados de todas las personas que utilizaron el automóvil como modo escogido. Cabe señalar que Google Maps toma en consideración el tráfico, por lo que las estimaciones debieron hacerse a la misma hora que el encuestado indicó, para así poder tener una comparación verídica. La ecuación al no depender de la distancia ni la velocidad queda de manera más simplificada que la de la bicicleta, como se muestra a continuación:

$$TV_A = \theta_o + \theta_1 \cdot TV_{MAPS} \quad \textbf{(3.3)}$$

Donde:

TV_A = Tiempo de Viaje Automóvil Simulado (min).

θ_0 = Coeficiente 0 a estimar.

θ_1 = Coeficiente 1 a estimar.

TV_{MAPS} = Tiempo de Viaje Google Maps (min).

La cantidad de personas para la calibración del automóvil fue de 126 y el error original que se obtuvo a partir de la misma ecuación y método anterior (3.2), fue de 8896. Con la herramienta

Solver finalmente el error se redujo a 5076, entregando los valores mostrados en la Tabla 3.3 para los parámetros estimados.

Tabla 3.3 Parámetros obtenidos calibración automóvil.

Parámetros Calibración Automóvil	
θ_0	7,244
θ_1	0,861

En la Figura 3.5 se puede ver la dispersión original de los datos de los tiempos de viajes reales versus los entregados por Google Maps. Se puede observar que la mayoría de los puntos se encuentran por sobre la línea de 45°, lo que indica que los valores obtenidos por Google Maps tienden a ser menores que los valores entregados por los encuestados. Esto puede indicar que a pesar de tener en consideración el tráfico, Google Maps sigue entregando tiempos disminuidos, dejando afuera tal vez distintas externalidades que pudieran afectar, tales como eventuales detenciones en el trayecto o limitada velocidad de tránsito en algunos sectores. Otra de las posibles causas, es que las personas en general utilizan una misma ruta de viaje, debido a la familiaridad de esta, lo que no necesariamente resulta en la más efectiva.

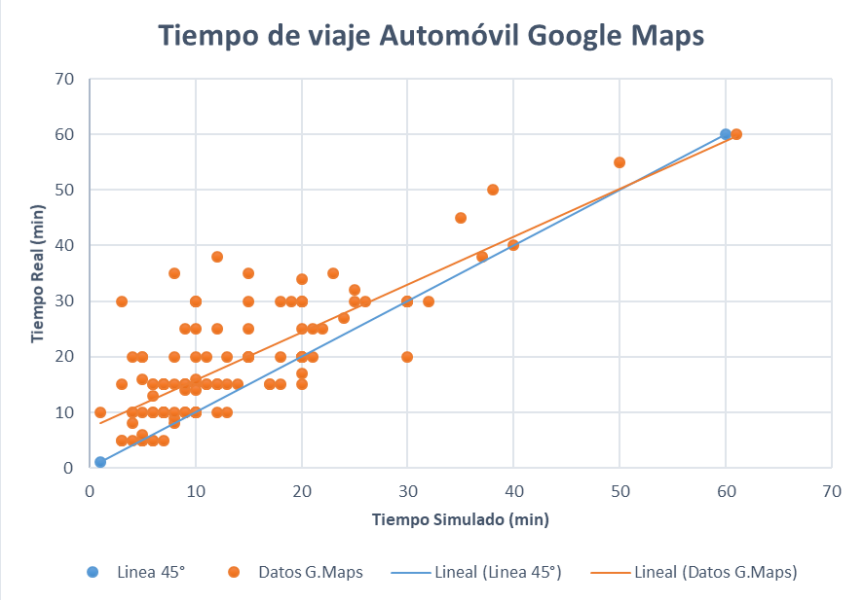


Figura 3.5. Comparación Tiempo de viaje automóvil, real vs sin calibrar.

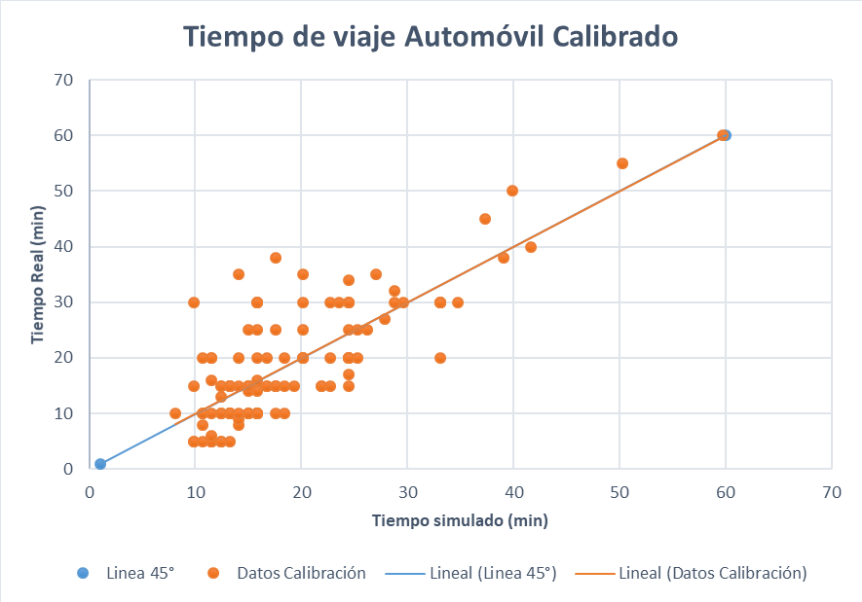


Figura 3.6. Comparación Tiempo de viaje automóvil, real vs calibrado.

En la Figura 3.6 se puede apreciar una mejor distribución de los datos una vez aplicados los nuevos parámetros a los tiempos obtenidos por la herramienta web, los cuales en esencia incrementaron cada uno de los tiempos, ajustando la línea de tendencia.

Por otra parte, el costo del viaje del automóvil fue estimado de manera simplificada, utilizando el valor aproximado del combustible y un rendimiento relativamente bajo, buscando generalizar los casos. El valor del combustible se contempló en alrededor $800 (pesos/Lt), mientras que el rendimiento se estimó en 9 (km/Lt), por lo tanto, dividiendo 800/9, nos entrega un valor de 88.8 pesos por kilómetro, el cual nos da un valor aproximado de 90 pesos por kilómetro. Finalmente, el costo del viaje del automóvil (CV_A) en pesos se estimó como:

$$CV_A = 90 * Distancia\ (km) \quad \textbf{(3.4)}$$

3.2.2.3 Calibración Bus Urbano (Micro)

Para el caso del bus urbano se realizó de la misma manera que en el caso del automóvil, utilizando los tiempos de viaje directos que entrega Google Maps. A diferencia que ahora existen 3 tiempos diferenciables de viaje, los cuales son el tiempo de acceso, tiempo de espera y tiempo de viaje en

el modo. Se realizó una calibración independiente para cada uno de ellos, a través de la misma ecuación del automóvil, quedando de la siguiente manera:

$$TV_M = \theta_o + \theta_1 \cdot TV_{MAPS} \quad \textbf{(3.5)}$$

$$TE_M = \theta_o + \theta_1 \cdot TE_{MAPS} \quad \textbf{(3.6)}$$

$$TA_M = \theta_o + \theta_1 \cdot TA_{MAPS} \quad \textbf{(3.7)}$$

Donde:

TA_M = Tiempo de Viaje Micro Simulado (min).

TE_M = Tiempo de Espera Micro Simulado (min).

TA_M = Tiempo de Acceso Micro Simulado (min).

θ_0 = Coeficiente 0 a estimar para cada tiempo.

θ_1 = Coeficiente 1 a estimar para cada tiempo.

TV_{MAPS} = Tiempo de Viaje Google Maps (min).

TE_{MAPS} = Tiempo de Espera Google Maps (min).

TA_{MAPS} = Tiempo de Acceso Google Maps (min).

La muestra para la calibración de la Micro fue de 51 personas, las cuales solo fueron obtenidas de la segunda mitad de la encuesta, ya que esta contenía la matriz completa. Para el caso del tiempo de espera, Google Maps entrega la frecuencia de cada Micro, por lo que se tomó el caso más desfavorable, tomando el tiempo máximo de espera. Los errores fueron calculados igual que los casos anteriores, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 3.4. Los parámetros calibrados obtenidos para cada uno de los tiempos, se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.4. Errores de tiempos bus urbano

Tiempo de Viaje	
Error Original	Error Final
12116	2534
Tiempo de Espera	
Error Original	Error Final
1514	1080
Tiempo de Acceso	
Error Original	Error Final
2156	688

Tabla 3.5 Parámetros obtenidos calibración bus urbano

Parámetros Calibración Bus Urbano	
Tiempo de Viaje	
θ_0	7,983
θ_1	0,509
Tiempo de Espera	
θ_0	8,148
θ_1	0,109
Tiempo de Acceso	
θ_0	3,756
θ_1	0,241

En la Figura 3.7 se puede observar la comparación de los datos iniciales referidos solo al tiempo de viaje a bordo del bus. Existe una mayor discrepancia entre los datos, que los obtenidos anteriormente para la bicicleta, o el automóvil, ya que la línea de tendencia se aleja en una mayor magnitud. Además, se observa que la mayoría de los tiempos se encuentran por debajo de la línea de 45°, lo que indicaría todo lo contrario al automóvil, donde en este caso los valores obtenidos por Google Maps son mayores a los declarados por los encuestados. Esto puede deberse a que existen más opciones de combinaciones posibles dentro de las distintas líneas de recorridos, donde el encuestado tenga distintas preferencias en cuanto a los tiempos de acceso o espera, que afecten finalmente al tiempo sobre el modo como tal.

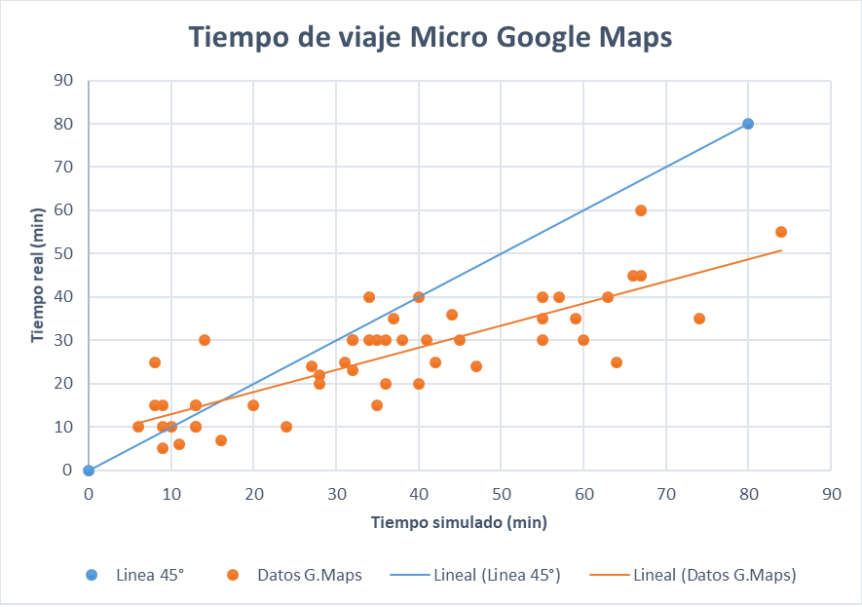


Figura 3.7. Comparación Tiempo de viaje micro, real vs sin calibrar.

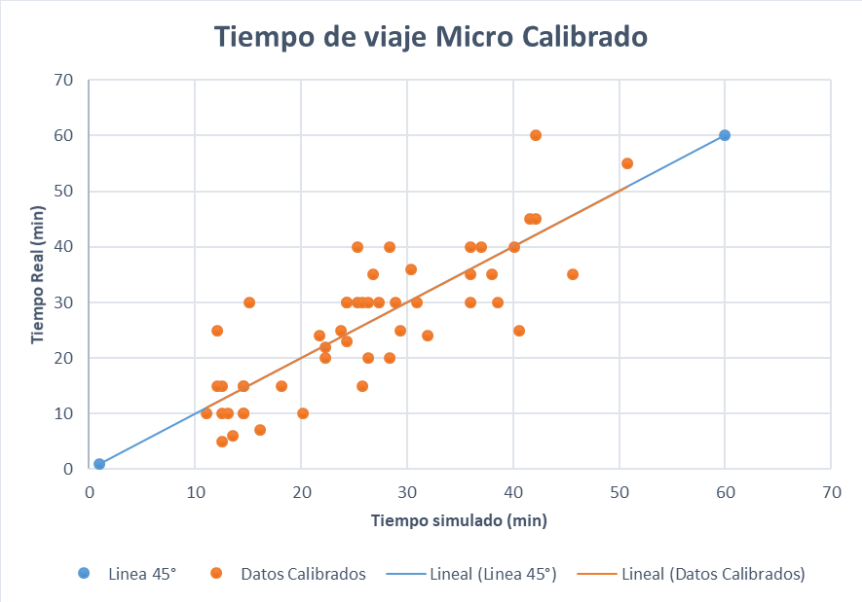


Figura 3.8. Comparación Tiempo de viaje micro, real vs calibrado.

A pesar de una mayor dispersión original, el ajuste de los datos tuvo un resultado adecuado, equiparando de mejor manera la distribución de los tiempos, como se puede apreciar en la Figura 3.8.

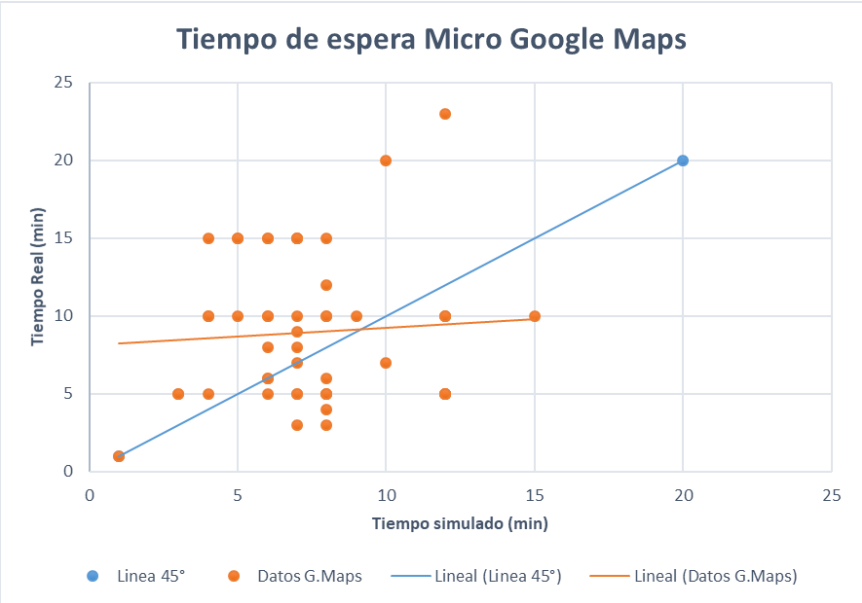


Figura 3.9. Comparación tiempo de espera micro, real vs sin calibrar.

Para el caso del tiempo de espera, es de mayor complejidad generar una adecuada aproximación debido a que tiene mayor variabilidad al depender de la frecuencia de las micros. Es decir que los

tiempos de espera se encuentran dentro de un rango y no es posible saber con certeza, ni para el encuestado ni para el modelador, la llegada al punto de espera del modo. En la Figura 3.9 se puede observar que no existe una tendencia clara de los datos.

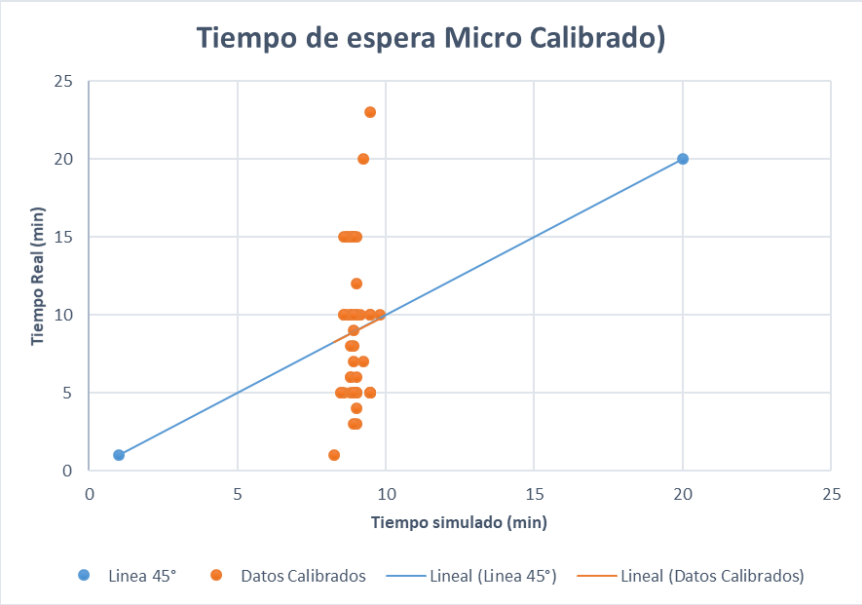


Figura 3.10. Comparación Tiempo de espera micro, real vs calibrado.

Una vez aplicada la calibración, tampoco se obtuvo resultados considerados como mejora, lo cual se refleja en una homogeneidad de los valores mostrados en la Figura 3.10. Esto indica que no importando el caso el tiempo de espera será prácticamente siempre el mismo. Se decidió proceder con estos valores debido a la disminución en su error final. Sin embargo, la poca certeza de este tiempo puede ser contribución a posibles errores más adelante dentro de la modelación, lo cual es importante tener en cuenta.

Finalmente, para el tiempo de acceso se tiene un caso parecido al anterior al no tener una clara tendencia de los valores. Las posibles variaciones entregadas por la herramienta web pueden deberse a la diversidad de opciones en cuanto a líneas de recorrido, como también a los distintos accesos que el Campus Central ofrece, ya que se tomó en consideración todos los viajes dirigidos solo a la entrada por Calle Uruguay, lo que podría haber generado una inexactitud en el tiempo de caminata a la Universidad. La mayoría de los valores se encuentran por debajo de la línea de 45°, lo que indicaría tiempos simulados mayores a los reales.

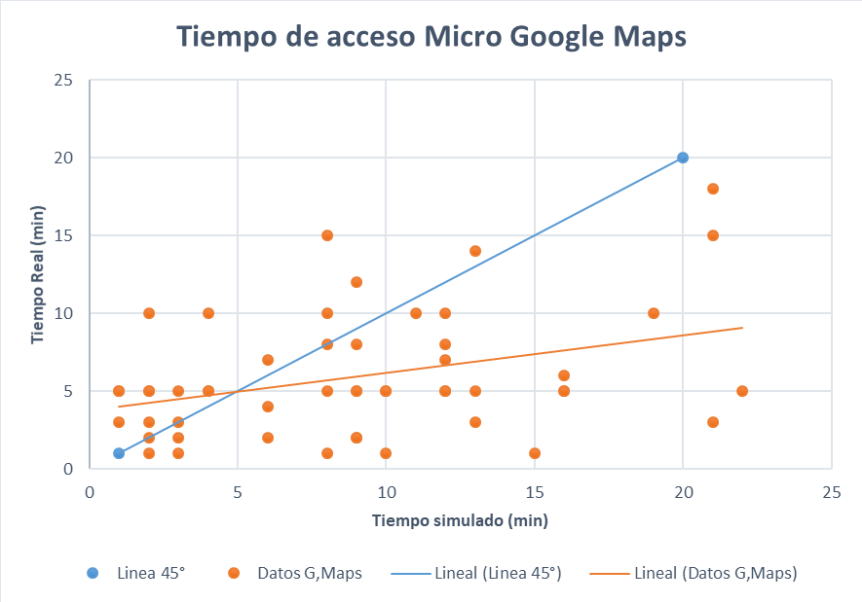


Figura 3.11. Comparación tiempo de acceso micro, real vs sin calibrar.

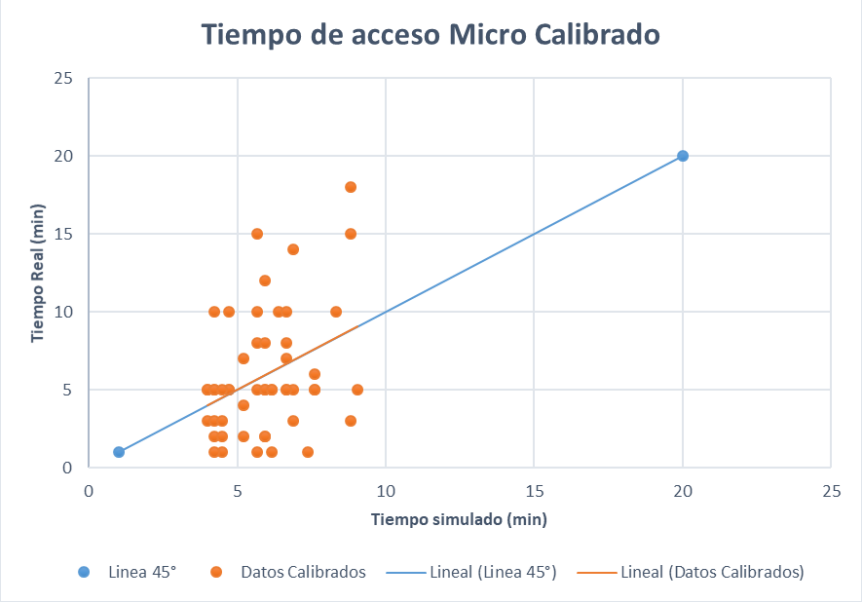


Figura 3.12. Comparación Tiempo de acceso micro, real vs calibrado.

En la Figura 3.12 se puede apreciar los resultados de la calibración de los tiempos de acceso, y una notoria mejora en su dispersión, a pesar de observar una cierta homogeneidad, se concluyen como valores satisfactorios en cuanto a lo esperado.

Por otra parte, debido a que la calibración generó que los tiempos de viaje en el automóvil subieran y los del transporte público disminuyeran, se realizó un reajuste de ambos, buscando mantener la proporción que tenían inicialmente en Google Maps. Para esto el tiempo de viaje del automóvil calibrado fue multiplicado por el factor 0.90, mientras que los tiempos de viaje y acceso de la micro fueron multiplicados por el factor 1.15. Estos factores se obtuvieron de manera arbitraria, procurando mejorar la proporción entre ambos modos y no alterar de manera significativa la calibración. El tiempo de espera se dejó de la misma manera, ya que como se mencionó anteriormente se estaba tomando el caso más desfavorable, por lo que fue el único que su proporción no se alteró significativamente.

Finalmente, el costo de la micro se calculó según la ocupación del encuestado, siendo $150 pesos, para estudiantes y $450 pesos para funcionarios.

3.2.2.4 Calibración Taxi Colectivo

Para el colectivo se utilizó la misma secuencia que para la micro, separando los tiempos en las 3 categorías ya mencionadas. La calibración se hizo con una muestra bastante reducida de tan solo 6 personas, por lo que el reajuste después de la calibración no fue aplicado en este caso. Los resultados de la estimación se presentan a continuación en la Tabla 3.6, mientras que los parámetros estimados se pueden observar en la Tabla 3.7.

Tabla 3.6. Errores de tiempo taxi colectivo.

Tiempo de Viaje	
Error Original	Error Final
1771	101
Tiempo de Espera	
Error Original	Error Final
36	27
Tiempo de Acceso	
Error Original	Error Final
351	15

Las calibraciones del colectivo resultaron similares a las del bus urbano, donde el tiempo de viaje de Google Maps mostraba valores mayores a los reales, el tiempo de espera calibrado resultó en

una uniformidad de valores, al igual que el tiempo de acceso, siendo está la diferencia con el caso anterior. El costo del colectivo se estimó en $500 pesos por pasajero independiente de la ocupación.

Tabla 3.7. Parámetros obtenidos calibración taxi colectivo

Parámetros Calibración Taxi colectivo	
Tiempo de Viaje	
θ_0	7,831
θ_1	0,356
Tiempo de Espera	
θ_0	6,138
θ_1	-0,103
Tiempo de Acceso	
θ_0	5,477
θ_1	-0,081

3.2.3 Limpieza de Encuestados

A medida que se fueron revisando los datos y de acuerdo al objetivo del estudio, se debió ir dejando de lado los encuestados que no cumplían con los criterios que se fueron definiendo mediante la observación y que finalmente se clasificaron en 6 causales de eliminación.

3.2.3.1 Sin Georreferenciación

Se excluyeron aquellos encuestados que simplemente no indicaron lugar de origen, así como también otros que fueron demasiado ambiguos en su declaración, por lo que no se pudo definir una dirección concreta o ya sea que los distintos mapas utilizados no pudieron encontrar la dirección señalada.

3.2.3.2 Modo Caminata

Si bien no necesariamente existió algún error en los datos de este tipo de encuestados, el enfoque del estudio se encuentra en la evaluación de la bicicleta en comparación con el automóvil y el transporte público, por lo que las personas que no ocuparon ninguno de estos modos, al momento de responder las preguntas psicosociales y de hábito no tendrían una correcta incidencia en el objeto final de dichas preguntas.

3.2.3.3 Modo Mixto

Personas que utilizaron más de un modo, combinando dos tipos de ellos también se decidió dejarlos fuera ya que al momento de la modelación no se puede ingresar dos tipos de elecciones.

3.2.3.4 Porcentaje de Vacíos

Existieron casos que en la sección de medición del factor afectivo se encontraba una gran cantidad de celdas vacías, por lo que se determinó que solo se aceptaría un 30% de vacíos en cada sección por modo de 16 pares, es decir que se debía tener al menos 12 de las 16 casillas con respuesta para considerarse significativo. Las casillas vacías de las personas que no fueron eliminadas se reemplazaron con el valor del punto medio de la escala, tomando el valor de 4, asumiendo que la persona quiso dejar la herramienta sin deslizar en esa posición, pero la encuesta no la reconoció por no haberla apretado.

3.2.3.5 Incerteza en la verosimilitud de los datos

Fueron excluidos todos aquellos encuestados que mostraban inconsistencias en sus respuestas, tales como distancias de más del doble de lo real, costos de viaje muy elevados, que tenían como destino ambos campus, entre otros casos puntuales. Además, debido a que la primera mitad de la encuesta no contaba con la matriz de tiempos de viajes y costos, se debió generar una estimación de la misma, como se mencionó en la sección 3.2.2 por lo que existieron varios casos en los que la herramienta Google Maps no mostró ninguna alternativa de transporte público, principalmente en localidades fuera de Temuco, por lo que no fue posible estimar muchos de estos casos.

3.2.3.6 Disponibilidad de Modos

Para efectos de comparación de los modos de interés, es decir la bicicleta, el automóvil y el transporte público, se decidió dejar solo a las personas que tuvieran al menos 2 de los 3 modos como opción de viaje. Esta disponibilidad se determinó con las preguntas ¿Cuántas veces en la semana laboral viaja en cada uno de los modos mencionados? y ¿En qué habría viajado si no hubiera utilizado el modo escogido?, a través de ambas se redujo las opciones disponibles de cada

individuo a solo los modos que fueron mencionados en alguna de las dos preguntas. Esto con la finalidad de que los individuos incluidos en el modelo no ocupen algún modo porque no tienen más alternativa, sino que lo ocupen por elección personal, y se pueda generar un análisis detrás de esta elección.

Finalmente, luego de excluir todos los individuos mencionados anteriormente, la muestra de 604 personas iniciales, se redujo a 293, siendo este el número final de encuestados con datos válidos para el estudio.

3.3 Modelación

El análisis y consistencia de datos de la encuesta fue realizado en su totalidad mediante el uso del software Excel. Para el proceso de modelación y análisis de variables latentes se recurrió a tres softwares, los cuales son BIOGEME, AMOS y SPSS. A continuación, se presenta el proceso de modelación y la utilización de cada uno de ellos.

3.3.1 Software Utilizado

Para la modelación se utilizó el software BIOGEME, el cual es un software de código abierto y está diseñado para la estimación general de parámetros en modelos, basándose en la teoría de máxima verosimilitud, sin embargo, tiene especial énfasis en el desarrollo de modelos de elección discreta.

Muchas versiones han sido desarrolladas a través de los años, las cuales llevan nombres de animales, tales como *Bison*, *Python* y actualmente *Pandas* (Bierlaire, 2019). Este software fue creado por Michel Bierlaire en la Escuela Politécnica Federal de Lausanne en Suiza (Bierlaire, 2003). La elección de este software para su utilización en este estudio, recae en las facilidades de intervención en el código, al ser de carácter abierto y en la ventaja de la gratuidad en su uso, a diferencia de sus otros equivalentes como Gauss y Mplus.

3.3.1.1 Especificaciones de Modelación

Para la utilización de este software se necesitó elaborar un código en lenguaje Python, el cual se desarrolló a partir de los ejemplos disponibles en la página web del mismo. El código debía especificar las funciones de utilidad de cada modo, indicando las variables de interés para la estimación de los parámetros. Además, debido a que los encuestados no tenían un mismo set de opciones disponibles, se debió generar la especificación de que alternativas disponibles poseía cada uno. Esto se procedió a realizar mediante la adición de nuevas columnas dentro del set de datos, donde se le asignaron valores de 0 a las opciones no disponibles y de 1 a las que sí, para cada individuo.

Una vez creado el código, se produjo el periodo de prueba y error mencionado en la sección 2.1.2.1, donde se realizaron diversas combinaciones con la gran cantidad de variables que se disponían. Otro de los criterios que se debió decidir, es el cómo debían ser ingresadas estas variables, ya sea de modo aditivo linear en el modelo, o interactuando con las variables de costo y tiempo. Se realizaron pruebas de ambas maneras, observando las variables que se fueron mostrando como significativas, para así llegar a un modelo relativamente estable al cual pudieran ser incorporadas posteriormente las variables latentes.

La significancia de las variables fue medida a través del *valor p*, el cual indica la probabilidad de que la hipotesis nula sea cierta. Esta hipótesis establece que no existe ninguna relación entre las variables siendo estudiadas. Es por esto que si el valor $p \leq 0.05$, indicaría que existe menos del 5% de probabilidad que la hipotesis nula sea correcta, lo cual le daría significancia a la hipotesis alternativa que establece que la variable independiente sí afecta a la variable dependiente (McLeod, 2019).

3.3.2 Análisis de Fiabilidad

La fiabilidad del instrumento fue verificada mediante el indicador estadístico Alfa de Cronbach, el cual es índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 que permite cuantificar dicho nivel de fiabilidad. Es un coeficiente de correlación al cuadrado, que de manera general mide la homogeneidad de las preguntas, promediando todas las correlaciones entre los ítems, para

determinar si efectivamente se parecen. Mientras más se acerque este indicador a 1, mejor será la fiabilidad, se considera como aceptable un Alfa mayor 0.70 (Bojórnez *et al*., 2013).

Este análisis fue realizado mediante el software SPSS, siendo aplicado a los ítems de afecto y actitud, el hábito por otra parte no se puede calcular, debido a que no posee respuestas ordinales (de interpretación personal).

3.3.3 Análisis Factorial Exploratorio y Confirmatorio

El análisis factorial exploratorio es una técnica que busca reducir las dimensiones de los datos, para determinar efectivamente que factores son los que realmente están representado la variable que se desea utilizar, en este caso el afecto y la actitud. El objetivo es definir el número de factores subyacentes a los datos que expliquen la mayor cantidad de la variabilidad de éstos. Este análisis al igual que el de fiabilidad, fue realizado mediante el software SPSS.

A pesar de los indicadores que entrega el análisis factorial exploratorio, es recomendable antes de tomar alguna decisión de eliminación de alguna variable, realizar un nuevo análisis factorial esta vez de carácter confirmatorio buscando reafirmar los resultados expuestos en el exploratorio. Este fue realizado mediante el software AMOS para todos los componentes de actitud y afecto de los 3 modos. Para el análisis confirmatorio se tomaron en cuenta 3 indicadores estadísticos, para observar la validez del modelo de la variable que se desea medir, estos son TLI, CFI y RMSEA.

El coeficiente TLI (Tucker-Lewis index), también conocido como ρ^2, se espera sea mayor a 0.90, al igual que el CFI (Comparative fit index), para considerarse un buen ajuste y por sobre 0.80 para ser considerado aceptable (Kumar, 2017). Mientras que el RMSEA (Root mean square error of aproximation) debiera acercarse a valores de 0.05 para un buen ajuste y menor a 0.08 como aceptable (Kumar, 2017).

Finalmente, mediante el software AMOS, una vez determinadas las variables representativas, se realizó una regresión lineal de los datos para poder obtener los valores de los coeficientes de cada encuestado, que posteriormente entraran en el modelo.

CAPÍTULO 4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables Modelo Logit Multinomial

Luego de probar distintos modelos, combinando la inclusión de variables en cada uno de ellos, se llegó a un modelo MNL con un total de 16 parámetros estimados. Dos de estos parámetros corresponden a los errores en la función de utilidad, otro siendo el parámetro de costo, otro de tiempo de viaje, y finalmente 12 variables obtenidas de los primeros 2 ítems de la encuesta aplicada. En la Tabla 4.1 se hace un resumen de las variables escogidas que resultaron significativas para el modelo.

Tabla 4.1. Variables significativas modelo MNL.

Variable	Función de utilidad	Tipo
Acompañado	Automóvil	Interactiva
Clima	Transporte Público	Interactiva
Edad	Automóvil	Interactiva
Fin de Semana	Bicicleta	Aditiva
Género	Bicicleta	Interactiva
Ingreso Familiar	Bicicleta	Interactiva
Ingreso Familiar	Automóvil	Interactiva
Ingreso Familiar	Transporte Público	Interactiva
Licencia	Automóvil	Aditiva
Mochila	Bicicleta	Aditiva
Ocupación	Bicicleta	Interactiva
% Ciclovías	Bicicleta	Aditiva

Se buscó dar énfasis a aquellas que pudieran estar afectando de mayor manera a la bicicleta, con objeto de poder explicar mejor el fenómeno de su elección. La Tabla muestra las variables y dentro de que función de utilidad fueron ingresadas, además se indica si la variable fue ingresada de manera aditiva, es decir de forma lineal en la ecuación, o si se ingresó de manera en la que se encuentra interactuando con el tiempo de viaje del modo. Las funciones de utilidad obtenidas a partir de los resultados, se pueden observar en la sección 4.4.

Además, cada variable se ingresó ya sea utilizando las llamadas variables *dummy*, asignando valores de 0 y 1 a las respuestas, o a través de rangos mayores. En la Tabla 4.2, se pueden observar variables *dummy* asignadas y en la Tabla 4.3, las incorporadas con rangos. La variable fin de semana, fue ingresada numéricamente, según lo respondido por el encuestado.

Tabla 4.2. Variables tipo "Dummy".

Variable	Descripción	Variable Dummy
Acompañado	No	0
	Si	1
Género	Hombre	0
	Mujer	1
Ingreso Familiar	Menor a 2.250.000	0
	Mayor a 2.250.000	1
Licencia de Conducir	No tiene	0
	Tiene	1
Mochila de Mayor Volumen	No	0
	Sí	1
Ocupación	Estudiante	0
	Funcionario	1

Tabla 4.3. Variables asignadas a valores de un rango.

Variable	Descripción	Asignación
Clima	Calor - Despejado	0
	Calor - Nublado	1
	Templado - Despejado	2
	Templado - Nublado	3
	Frío - Despejado	4
	Frío - Nublado	5
	Templado - Lluvia	6
	Frío - Lluvia	7
Edad	18 - 25	0
	26 - 40	1
	40 - 55	2
	+ 55	3
% Ciclovías	0	0
	20% - 40%	1
	40% - 60%	2
	60% - 80%	3
	80% - 100%	4
	100%	5

Los rangos de edad fueron decididos por el modelador, al igual que la asignación del clima, buscando representar de menor a mayor desde el más cálido al más frío, y dejando la lluvia como los dos peores casos.

4.2 Estadísticas Encuesta

De acuerdo a las variables obtenidas por el modelo de elección discreta, se revisaron las estadísticas de los encuestados relacionadas con dichas variables, para así poder generar un posterior análisis de mejor manera. Los resultados se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Resultados estadísticos encuesta.

Estadísticas Encuesta Movilidad UFRO						
Modo Utilizado				**Bicicleta**	**Automóvil**	**Transporte Público**
Total Encuestados	293			49	132	112
		Total		17%	45%	38%
Género	Hombre	146	50%	38	65	43
	Mujer	147	50%	11	67	69
Ocupación	Estudiante Pregrado	144	49%	34	29	81
	Estudiante Postgrado	13	4%	3	5	5
	Funcionario No Docente	67	23%	6	40	21
	Funcionario Docente	69	24%	6	58	5
Edad	18 - 25	121	41%	25	24	72
(Años)	26 - 40	96	33%	18	54	24
	40 - 55	54	18%	5	35	14
	+ 55	22	8%	1	19	2
N°Autos	0	62	21%	15	5	42
	1	137	47%	24	63	50
	2	75	26%	7	51	17
	Más de 2	19	6%	3	13	3
Licencia de Conducir	Tiene	183	62%	26	120	37
	No tiene	110	38%	23	12	75
Ingreso Familiar	100.000 - 800.000	100	34%	15	14	71
($CLP)	800.000 - 2.000.000	110	38%	23	53	34
	Más de 2.000.000	83	28%	11	65	7
Viajo Acompañado	Si	81	28%	2	62	17
	No	212	72%	47	70	95
Porcentaje de Ciclovías	0	28	10%	5	9	14
	20% - 40%	77	26%	7	36	34
	40% - 60%	54	18%	4	26	24
	60% - 80%	59	20%	9	26	24
	80% - 100%	58	20%	21	22	15
	100%	17	6%	3	13	1
Mochila de Volumen Mayor	Si	71	24%	4	39	28
	No	222	76%	45	93	84
Clima	Calor - Despejado	25	9%	4	12	9
	Calor - Nublado	4	1%	1	1	2
	Templado - Despejado	64	22%	13	33	18
	Templado - Nublado	67	23%	10	30	27
	Frío - Despejado	36	12%	7	19	10
	Frío - Nublado	74	25%	11	27	36
	Templado - Lluvia	9	3%	2	3	4
	Frío - Lluvia	14	5%	1	7	6

La muestra de encuestados, se encontró igualmente proporcionada en términos de género y ocupación, donde generalizando en funcionarios y estudiantes, estos representaron el 53% y 47%, respectivamente. En cuanto a la edad, se observa que el 74% de los individuos corresponde a menores a 40 años por lo se consideraría como una muestra relativamente joven. La mayoría de los usuarios se moviliza en automóvil a la Universidad, ya sea como pasajero o chofer, representando a casi la mitad de los encuestados. En cuanto al número de autos, se puede observar

que casi el 80% de las personas posee al menos 1 en el hogar y además el 62% de la población total posee licencia de conducir. En cuanto a los ingresos, el 72% se encuentra en las categorías de ingreso bajo y mediano, mostrando un equilibrio entre ambos.

La mayoría de los individuos no viajó acompañado ni necesitó de una mochila con un volumen mayor al habitual, lo cual genera un buen indicio en futuro acercamiento a la persuasión del uso de la bicicleta, al igual que el porcentaje de ciclovías, ya que solo un 10% indicó que no tenía disponibilidad alguna durante el trayecto.

Finalmente, el clima que predominó en los viajes fue el frío - nublado, a pesar de haber sido evaluados en meses de verano, por otro lado, donde más se utilizó la bicicleta fue en días templados – despejados, que se interpretaría como una sensación térmica agradable, por lo tanto, sería interesante evaluar su contraste realizando estudios similares en meses de invierno.

4.3 Coeficientes de Variables Latentes

Los resultados del análisis de fiabilidad y los coeficientes Alfa de Cronbach obtenidos, se muestran en la Tabla 4.5, se puede observar que todos los índices Alfa de Cronbach son mayores a 0.7, lo cual indica una buena consistencia interna en cada uno de los instrumentos de medición.

Tabla 4.5. Alfa de Cronbach Variables Latentes

Variable Latente	N° Elementos	Alfa de Cronbach
Actitud Bicicleta	6	0,759
Actitud Automóvil	6	0,727
Actitud Transporte Público	6	0,760
Afecto Bicicleta	16	0,806
Afecto Automóvil	16	0,873
Afecto Transporte Público	16	0,747

Posteriormente se realizó el análisis factorial confirmatorio, para cada modo y cada variable latente, los resultados se muestran a continuación en las Tablas 4.6, 4.7 y 4.8.

Tabla 4.6. Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Bicicleta

Actitud Bicicleta	Coef. Stand
Comodidad	0,61
Diversión	0,68
Medio Ambiente	0,62
Salud Física y/o Mental	0,77
Economía	0,50
Seguridad	0,37
TLI	0,872
CFI	0,923
RMSEA	0,108

Tabla 4.7. Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Automóvil

Actitud Automóvil	Coef. Stand
Comodidad	0,57
Diversión	0,53
Medio Ambiente	0,56
Salud Física y/o Mental	0,75
Economía	0,46
Seguridad	0,47
TLI	0,895
CFI	0,937
RMSEA	0,85

Tabla 4.8. Resultados análisis factorial confirmatorio Actitud Transporte Público

Actitud Transporte Público	Coef. Stand
Comodidad	0,62
Diversión	0,65
Medio Ambiente	0,51
Salud Física y/o Mental	0,75
Economía	0,47
Seguridad	0,56
TLI	0,827
CFI	0,896
RMSEA	0,125

Los coeficientes estandarizados indican los parámetros estimados en la regresión lineal y dan la posibilidad de evaluar y comparar el poder explicativo que tiene cada componente, es decir

permiten determinar cuál es la variable explicativa que tiene mayor peso sobre, en este caso, la variable latente. En la Tabla 1, podemos observar que, en el caso de la bicicleta, el componente que estaría representando de mayor manera la actitud es la salud física y/o mental, seguida por la diversión, mientras que la seguridad es el componente con menor poder explicativo. Al igual que en la bicicleta, la actitud en el automóvil y el transporte público, se ve mayormente representada por la salud física y/o mental, lo cual no quiere decir que exista una evaluación positiva de este aspecto, sino que es el que mejor representa el factor denominado actitud. Por otra parte, el componente comodidad es el segundo componente de mayor peso explicativo en el caso del automóvil, mientras que en el caso del transporte público es la diversión.

En el caso del afecto a la bicicleta, las variables que mejor representan este concepto, son las de Incómodo – Cómodo y Desagradable – Agradable, mientras que, por otro lado, el concepto de Poblado – Despoblado, no genera un mayor aporte al modelo. En las Tablas X se pueden observar los componentes explicativos para el caso del automóvil y transporte público.

Tabla 4.9. Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Bicicleta

Afecto Bicicleta	**Coef. Stand**
Malo - Bueno	0,56
Incómodo - Cómodo	0,72
Desagradable - Agradable	0,70
Sucio - Limpio	0,39
Débil - Fuerte	0,45
Insignificante - Grandioso	0,63
Inflexible - Flexible	0,38
Pequeño - Grande	0,22
Despoblado - Poblado	0,09
Lento - Rápido	0,53
Pasivo - Activo	0,25
Intranquilo - Tranquilo	0,51
Complejo - Sencillo	0,41
Inseguro - Seguro	0,50
Oscuro - Claro	0,54
Desconocido - Conocido	0,63
TLI	0,755
CFI	0,788
RMSEA	0,86

Tabla 4.10. Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Automóvil

Afecto Automóvil	Coef. Stand
Malo - Bueno	0,71
Incómodo - Cómodo	0,58
Desagradable - Agradable	0,74
Sucio - Limpio	0,54
Débil - Fuerte	0,76
Insignificante - Grandioso	0,79
Inflexible - Flexible	0,59
Pequeño - Grande	0,55
Despoblado - Poblado	0,11
Lento - Rápido	0,65
Pasivo - Activo	0,35
Intranquilo - Tranquilo	0,63
Complejo - Sencillo	0,36
Inseguro - Seguro	0,70
Oscuro - Claro	0,63
Desconocido - Conocido	0,66
TLI	0,864
CFI	0,882
RMSEA	0,83

Tabla 4.11. Resultados análisis factorial confirmatorio Afecto Transporte público

Afecto Transporte Público	Coef. Stand
Malo - Bueno	0,68
Incómodo - Cómodo	0,77
Desagradable - Agradable	0,81
Sucio - Limpio	0,66
Débil - Fuerte	0,49
Insignificante - Grandioso	-0,65
Inflexible - Flexible	-0,45
Pequeño - Grande	0,06
Despoblado - Poblado	0,23
Lento - Rápido	0,40
Pasivo - Activo	0,35
Intranquilo - Tranquilo	0,54
Complejo - Sencillo	0,46
Inseguro - Seguro	0,66
Oscuro - Claro	0,74
Desconocido - Conocido	0,36
TLI	0,781
CFI	0,810
RMSEA	0,100

A través del análisis factorial exploratorio y confirmatorio, se generó un ajuste del modelo de afecto en la bicicleta, ya que con una gran cantidad de variables se tenía una probabilidad mayor de encontrar algunas dispensables. Esto ocurrió para el caso de los conceptos de Poblado – Despoblado, Débil – Fuerte y Seguro – Inseguro. En la Tabla Se puede observar los resultados del nuevo modelo con sus coeficientes estadísticos, los cuales en su totalidad mejoraron con respecto a sus valores iniciales.

Tabla 4.12. Resultados 2°análisis factorial confirmatorio Afecto Bicicleta

Afecto Bicicleta	**Coef. Stand**
Malo - Bueno	0,57
Incómodo - Cómodo	0,71
Desagradable - Agradable	0,72
Sucio - Limpio	0,38
Insignificante - Grandioso	0,62
Inflexible - Flexible	0,38
Pequeño - Grande	0,18
Lento - Rápido	0,52
Pasivo - Activo	0,26
Intranquilo - Tranquilo	0,50
Complejo - Sencillo	0,43
Oscuro - Claro	0,54
Desconocido - Conocido	0,64
TLI	0,837
CFI	0,864
RMSEA	0,77
Alfa de Cronbach	0,797

Posteriormente mediante el software AMOS, se realizó la regresión de los modelos para así obtener los coeficientes de actitud y afecto de cada uno de los encuestados. Finalmente se realizaron tres modelos, donde el primero corresponde al modelo base sin variables latentes, el segundo incorpora el hábito y la actitud y el tercero el hábito y el afecto.

4.4 Funciones de Utilidad

Se presentan los resultados de las funciones de utilidad para los 3 modelos elaborados y testeados en Biogeme. Los coeficientes θ corresponden a ser estimados por el modelo, mientras que las variables que los acompañan son los datos ingresados, mencionados en la sección 4.1.

Modelo 1: Sin Variables Latentes

$$V_{bici} = \theta_{bici} + \left(\theta_{TV} + \theta_{GéneroB} \cdot GéneroB + \theta_{IFB} \cdot IngresoFB + \theta_{OcupB} \cdot OcupaciónB\right) \cdot TV_B + \theta_{MochilaB} \cdot MochilabB + \theta_{CicloviasB} \cdot CicloviasB + \theta_F \cdot Finde \quad \textbf{(4.1)}$$

$$V_{auto} = \left(\theta_{TV} + \theta_{AcompA} \cdot AcompañadoA + \theta_{EdadA} \cdot EdadA + \theta_{IFA} \cdot IngresoFA\right) \cdot TV_A + \theta_{LicenciaA} \cdot LicenciaA + \theta_{Costo} \cdot CostoA \quad \textbf{(4.2)}$$

$$V_{TP} = \theta_{TP} + (\theta_{TV} + \theta_{ClimaTP} \cdot ClimaTP + \theta_{IFTP} \cdot IngresoFTP) \cdot TV_{TP} + \theta_{Costo} \cdot CostoTP \quad \textbf{(4.3)}$$

Modelo 2: Actitud y Hábito

$$V_{bici} = \theta_{bici} + \left(\theta_{TV} + \theta_{GéneroB} \cdot GéneroB + \theta_{IFB} \cdot IngresoFB + \theta_{OcupB} \cdot OcupaciónB + \theta_{HabitoB} \cdot HábitoB\right) \cdot TV_B + \theta_{MochilaB} \cdot MochilabB + \theta_{CicloviasB} \cdot CicloviasB + \theta_F \cdot Finde + \theta_{ActitudB} \cdot ActitudB \quad \textbf{(4.4)}$$

$$V_{auto} = \left(\theta_{TV} + \theta_{AcompA} \cdot AcompañadoA + \theta_{EdadA} \cdot EdadA + \theta_{IFA} \cdot IngresoFA\right) \cdot TV_A + \theta_{LicenciaA} \cdot LicenciaA + \theta_{Costo} \cdot CostoA \quad \textbf{(4.5)}$$

$$V_{TP} = \theta_{TP} + (\theta_{TV} + \theta_{ClimaTP} \cdot ClimaTP + \theta_{IFTP} \cdot IngresoFTP) \cdot TV_{TP} + \theta_{Costo} \cdot CostoTP \quad \textbf{(4.6)}$$

Modelo 3: Afecto + Hábito

$$V_{bici} = \theta_{bici} + \left(\theta_{TV} + \theta_{GéneroB} \cdot GéneroB + \theta_{IFB} \cdot IngresoFB + \theta_{OcupB} \cdot OcupaciónB + \theta_{HabitoB} \cdot HábitoB\right) \cdot TV_B + \theta_{MochilaB} \cdot MochilabB + \theta_{CicloviasB} \cdot CicloviasB + \theta_F \cdot Finde + \theta_{AfectoB} \cdot AfectoB \quad \textbf{(4.7)}$$

$$V_{auto} = \left(\theta_{TV} + \theta_{AcompA} \cdot AcompañadoA + \theta_{EdadA} \cdot EdadA + \theta_{IFA} \cdot IngresoFA\right) \cdot TV_A + \theta_{LicenciaA} \cdot LicenciaA + \theta_{Costo} \cdot CostoA \quad \textbf{(4.8)}$$

$$V_{TP} = \theta_{TP} + (\theta_{TV} + \theta_{ClimaTP} \cdot ClimaTP + \theta_{IFTP} \cdot IngresoFTP) \cdot TV_{TP} + \theta_{Costo} \cdot CostoTP \quad \textbf{(4.9)}$$

4.5 Modelo Híbrido con Variables Latentes

La Tabla 4.13 muestra un resumen de los resultados obtenidos en la estimación de los parámetros para los tres modelos.

La variable de viajar acompañado arroja significancia en los tres modelos, siendo esta incorporada en la utilidad del automóvil y arrojando un valor positivo. Esto refleja lo esperado ya que indicaría una mayor utilidad en el automóvil, al momento de viajar más de una persona. Por otra parte, el clima se mostró adoptando también un valor positivo, pero esta vez en la utilidad del transporte público. Esto quiere decir, según las asignaciones de valores para el clima, que mientras peor es el clima, más utilidad genera a los buses y/o taxis colectivos. Esto podría interpretarse como una mayor tendencia a refugiarse con climas de menor temperatura, lo que podría reflejarse de manera negativa hacia la bicicleta.

En cuanto a la edad, el estudio muestra una mayor tendencia a utilizar el auto mientras más edad se tenga, esto puede comprobarse al observar los datos estadísticos de la encuesta que muestran que las personas de más de 40 años, el 70% de ellas utiliza el automóvil como modo.

Tabla 4.13. Resultados Modelo híbrido con variables latentes.

	Modelo 1 Sin Variables Latentes			Modelo 2 + Hábito + Actitud			Modelo 3 + Hábito + Afecto		
Parámetros estimados (θ)	**Valor**	**test-t**	**valor-p**	**Valor**	**test-t**	**valor-p**	**Valor**	**test-t**	**valor-p**
Cte. Bicicleta	0,272	0,29	0,77	-2,54	-1,56	0,12	-4,98	-2,09	0,04
Cte. Transporte Público	3,40	5,34	0,00	3,82	5,65	0,00	3,82	5,60	0,00
Costo	-0,0111	-2,63	0,01	-0,0127	-2,80	0,01	-0,0131	-2,87	0,00
Tiempo de Viaje	-0,463	-2,84	0,00	-0,598	-3,60	0,00	-0,582	-3,38	0,00
Viajar Acompañado (Automóvil)	1,03	3,83	0,00	1,09	3,88	0,00	1,09	3,92	0,00
Clima (Transporte Público)	0,0480	2,33	0,02	0,0496	2,42	0,02	0,0452	2,14	0,03
Edad (Automóvil)	0,437	3,5	0,00	0,463	3,63	0,00	0,449	3,53	0,00
Fin de Semana (Bicicleta)	1,02	3,26	0,00	0,606	1,83	0,07	0,697	2,05	0,04
Género (Bicicleta)	-0,410	-2	0,05	-0,383	-1,87	0,06	-0,427	-2,01	0,04
Ingreso Familiar (Bicicleta)	-1,09	-2,1	0,04	-0,919	-1,73	0,08	-0,977	-1,83	0,07
Ingreso Familiar (Automóvil)	-0,897	-1,67	0,09	-0,902	-1,70	0,09	-0,928	-1,68	0,09
Ingreso Familiar (Transporte Público)	-0,805	-2,96	0,00	-0,821	-3,01	0,00	-0,829	-2,95	0,00
Licencia de Conducir (Automóvil)	2,71	5,41	0,00	2,75	5,37	0,00	2,74	5,36	0,00
Mochila (Bicicleta)	-1,71	-2,49	0,01	-1,87	-2,52	0,01	-1,65	-2,26	0,02
Ocupación (Bicicleta)	-0,365	-1,48	0,14	-0,439	-1,66	0,10	-0,428	-1,64	0,10
Porcentaje de Ciclovías (Bicicleta)	0,397	2,63	0,01	0,399	2,49	0,01	0,451	2,81	0,00
Hábito (Bicicleta)	-	-	-	0,134	2,51	0,01	0,154	2,81	0,00
Actitud (Bicicleta)	-	-	-	0,208	2,15	0,03	-	-	-
Afecto (Bicicleta)	-	-	-	-	-	-	1,62	2,45	0,01
Costo Tiempo de Viaje ($CLP/min)	41,7	-	-	47,1	-	-	44,4	-	-
L(θ) Inicial		-242,017			-242,017			-242,017	
L(θ) Final		-140,419			-132,736			-131,827	
ρ^2		0,420			0,452			0,455	

Por otra parte, la variable de género en la bicicleta adopta un valor negativo, lo cual quiere decir que las mujeres, asignadas con el valor 1, tienen menos tendencia a utilizar este modo, o cual también puede ser verificado en la parte estadística de la tabla 4.4. (Handy y Xing, 2011) indican que las mujeres tienen menos probabilidad de elegir usar la bicicleta que los hombres, sin embargo, (Miller y Handy, 2012), señalan que esto solo se cumple cuando no existen las amenidades para que pueda utilizarse la bicicleta con seguridad, siendo no significativa la diferencia de género en ciudades donde su uso esta masificado. Por lo tanto, la participación de la mujer en la utilización de la bicicleta, puede ser utilizada como indicador de las condiciones ambientales y del entorno.

En cuanto a los ingresos familiares, estos fueron ingresados en las tres funciones de utilidad a modo comparativo, ya que estos se esperaban adopten un valor negativo, que sin un contraste es difícil de interpretar. Los ingresos familiares se encontraban interactuando con el tiempo de viaje de las personas dentro del modelo, lo que nos lleva a observar que el valor del parámetro más alto corresponde al de la bicicleta. Esto quiere decir que, para personas de altos ingresos, un minuto de viaje más se percibe mayor al utilizar la bicicleta, que para los otros modos. La licencia de conducir por otra parte, resultó relevante en la utilidad del automóvil, incrementado su valor para personas que la poseen.

La mochila fue una de las variables que se ingresó a modo de prueba, para ver si generaba algún tipo de efecto el llevar un mayor volumen en los viajes habituales a la universidad. El modelo indico que efectivamente un mayor volumen y por ende la interpretación de un mayor peso, tiene el efecto de disminuir la probabilidad de que las personas obtén por el modo bicicleta. La ocupación por otro lado, si bien no dio el valor p esperado, se decidió dejar en el modelo, ya que es un valor cercano que también puede inducir a correctas interpretaciones, además, la exclusión de esta variable generaba alteraciones negativas al modelo. Esta variable muestra que funcionarios tendrían menos afinidad a utilizar la bicicleta, al contrario de los estudiantes. Esto podría asociarse con el factor de edad, que beneficiaba al automóvil, así como al ingreso, donde los estudiantes buscan opciones más económicas.

Por otro lado, el porcentaje de ciclovías y la variable fin de semana, se mostraron significativas y positivas para el uso de la bicicleta. Esto indicaría que el uso de la bicicleta en los fines de semana, con probable intención recreativa, haría que fuera más probable que la persona desee utilizar el

modo nuevamente, ahora con un propósito trabajo o estudio. Esto se ve reflejado aún más en los modelos donde se incorpora el hábito, afecto y actitud, ya que el coeficiente crece en magnitud, mostrando una mayor incidencia en la utilidad final. Lo anterior se podría interpretar como una familiaridad hacia el modo y, por ende, el desarrollo de algún tipo de vinculo que finalmente haga que se tome una mayor consideración para ser utilizado en días laborales. Por otra parte, se observa que la parte de infraestructura sí tiene importancia, ya que las ciclovías entregan un aporte a la utilidad final.

Finalmente se observa que los modelos incorporando variables latentes mejoran los ajustes y la calidad estadística del modelo original, mejorando la función de verosimilitud L (θ) y el índice ρ^2.

4.6 Probabilidades de Elección

Al reemplazar los parámetros estimados en las funciones de utilidad, se realizó el cálculo de la probabilidad de elección de los modos, utilizando la *ecuación 2.4* para la muestra de los 293 encuestados. El primer modelo sin variables latentes tuvo una correcta predicción de 183 de los 293 encuestados, lo que entrega un 62% de efectividad del modelo. El segundo modelo que incluyó el hábito y la actitud, tuvo un 63% de predicción acertada, correspondiendo a 186 de los 293 encuestados. Por último, el tercer modelo que contempla el afecto y el hábito, tuvo al igual que el modelo anterior un 62% de efectividad, lo cual correspondería a 186 encuestados con elecciones concordantes. En la Tabla 4.14 se puede apreciar las predicciones por modos. Se observa que el modelo mejoró considerablemente las predicciones de las personas que escogieron la bicicleta. En el caso del modelo 2 muestra que 10 probabilidades que antes sugerían que la persona elegiría el transporte público, en realidad correspondían a la bicicleta, además de aumentar en 3 personas su eficacia total. El último modelo, añadió dos personas más a la correcta interpretación de la bicicleta como modo de elección, sin embargo, bajo 2 predicciones en los otros modos, por lo que no se podría considerar como una mejora.

Tabla 4.14. Resultados Predicción de modelos.

Probabilidades de elección			
Predicción	**Modelo 1**	**Modelo 2**	**Modelo 3**
Bicicleta	19	32	34
Automóvil	127	127	126
Transporte Público	37	27	26
Total	183	186	186

Los modelos 2 y 3 finalmente logran mejorar el modelo en un 1%, lo cual, a pesar de no ser una cifra significativa, se puede considerar como evidencia de que al incorporar estas nuevas variables, existe un cambio positivo y un reajuste de las predicciones originales, que muestran una mejor representatividad de la realidad.

4.7 Análisis variables latentes

Los modelos obtenidos entregaron prueba satisfactoria que las tres variables latentes analizadas, tienen significancia en la elección modal y particularmente en el uso de la bicicleta en el contexto de estudio. Al estudiar las respuestas de las personas se pudo observar que las personas que utilizan el modo bicicleta, tienen una mejor evaluación de todos los aspectos, en comparación con los que no, como se puede ver en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Promedios valoraciones Expectativa – Valor

		Actitud		
Ciclistas	**Valorización**	**Bicicleta Expectativa**	**Automóvil Expectativa**	**Transporte Público Expectativa**
Comodidad	4,37	4,39	4,22	2,49
Diversión	3,67	4,41	3,12	2,31
Medio Ambiente	4,76	4,69	1,90	2,65
Salud Física y/o Mental	4,57	4,70	2,73	2,39
Economía	4,65	4,94	2,39	3,41
Seguridad	4,80	3,31	4,10	3,41
Automovilístas				
Comodidad	4,58	2,79	4,69	2,54
Diversión	3,34	3,40	3,46	2,50
Medio Ambiente	4,24	4,56	2,51	2,65
Salud Física y/o Mental	4,22	4,12	3,55	2,45
Economía	4,23	4,70	3,30	3,36
Seguridad	4,72	2,71	4,37	3,21
Usuarios Transporte Público				
Comodidad	4,46	3,21	4,41	3,27
Diversión	3,31	3,65	3,36	2,73
Medio Ambiente	4,15	4,59	2,46	2,71
Salud Física y/o Mental	4,25	4,23	3,39	2,78
Economía	4,77	4,67	2,47	3,79
Seguridad	4,78	2,76	4,24	3,75

Se muestra el promedio de respuestas de actitud a los diferentes componentes, correspondientes al valor que le dan al concepto y su expectativa con respecto al modo. Esta va de una escala de 1 – 5 siendo 5 una mejor apreciación. En general todos los conceptos tienen una valorización alta, lo cual se refleja en que el usuario considera importante las diferentes variables ya que la única que tiene una valorización menor a 4 es la diversión. Por otro lado, se puede observar que los ciclistas tienen mejores expectativas con respecto a su modo, que los demás. Es decir, personas que ocupan la bicicleta, piensan que esta por ejemplo es cómoda (4.39), mientras que los que ocupan automóvil (2.79) y transporte público (3.21), califican peor a la bicicleta en el mismo aspecto. Esto se puede apreciar en los seis factores evaluados, incluso la seguridad, lo que lleva pensar en que las personas que utilizan el auto y el transporte público, no tienen un buen conocimiento de la bicicleta como modo.

Tabla 4.16. Promedios valoraciones Hábito y Afecto.

Hábito Bicicleta	**4**	**1**	**1**
Hábito Automóvil	**1**	**7**	**1**
Afecto Bicicleta	**Bicicleta**	**Automóvil**	**Transporte Público**
Bueno	6,90	6,23	6,31
Cómodo	5,90	3,98	4,87
Agradable	6,70	5,58	5,99
Limpio	5,98	5,34	5,69
Grandioso	5,90	4,91	5,38
Flexible	6,24	5,41	5,65
Grande	4,02	3,38	3,61
Rápido	5,78	4,01	4,62
Activo	6,45	5,77	5,82
Tranquilo	5,14	4,53	4,91
Sencillo	5,41	4,83	4,89
Claro	5,56	4,92	5,17
Conocido	6,33	4,86	5,25
Promedio	5,87	4,90	5,24

Esto ocurre de igual manera con el afecto, donde en una escala de [1-7], siendo 7 un mejor afecto, los individuos que no la utilizan, no generan una evaluación positiva de la misma. Esto quiere decir que hay una falta de familiaridad con el modo, y que un posible primer acercamiento a la bicicleta, y la ruptura de esa barrera que impide, que sea considerada, podría ser fundamental para una nueva interpretación de las cualidades de la misma.

CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Esta investigación ha demostrado que la elección modal es un proceso complejo que, no solo involucra factores sociodemográficos y económicos, sino que también se relaciona con variables psicológicas y sociales. Se puede sostener a partir de los resultados obtenidos, que la incorporación de las variables latentes de actitud, hábito y factores afectivos, mostró una mejoría en cuanto al ajuste estadístico del modelo inicial de elección discreta, además de una mayor eficacia relacionada con la predicción de probabilidades de elección de los tres modos evaluados.

En una primera aproximación se trabajó con variables sociodemográficas y de contexto, los resultados mostraron que variables como el género, la ocupación, el ingreso y la edad, tienen incidencia en la elección de los modos, como se ha visto tradicionalmente. Sin embargo, el contexto y el entorno, también tomaron parte importante, ya que variables como viajar acompañado, utilizar mochilas de mayor volumen, clima y presencia de ciclovías indicaron que muchas de las personas toman en cuenta estos factores en su decisión final. Para el caso de la decisión de utilizar la bicicleta, esta se vio directamente afectada por la disponibilidad de ciclovías, ya que un 76% de las personas que utilizaron este modo, tenían la existencia de ciclovía en al menos un 40% del trayecto. Por lo que se destaca que, a pesar, de que no es el único factor influyente en la persuasión para el incremento de ciclistas, si es un factor relevante.

En cuanto a las variables latentes, se observó que las personas que utilizan la bicicleta, tienen un mejor concepto de la misma, reflejado en un mayor promedio de actitud hacia la comodidad, diversión, medio ambiente, salud física y mental, economía y seguridad. Dentro de estos aspectos la actitud hacia la economía de la bicicleta fue la mejor, evaluada y la seguridad la peor. Esto no entrega un indicador, que a pesar que las personas que utilizan la bicicleta, tienen un mejor concepto de seguridad de ella, que quienes no la utilizan, sigue estando relativamente mal evaluado y es un enfoque importante a considerar en la evaluación de nuevas políticas de transporte.

Para el caso del hábito, este no se mostró de la misma intensidad que en el caso del auto, indicando que a pesar de que existe un cierto vínculo de los ciclistas con el modo, este tiene sus limitantes, en comparación con el auto, por lo que actividades descritas dentro de la medición del hábito como ir de compras, o salir por la noche pueden ser menos compatibles con la bicicleta, resultando en un no fortalecimiento de la variable.

Por otro lado, el afecto, mostró un comportamiento similar a la actitud, indicando una mejor valoración hacia los conceptos indicados de las personas que utilizan la bicicleta. Valoraciones como buena y agradable son los conceptos mejor evaluados del ámbito afectivo, mientras que grande y tranquilo, los peor caracterizados, sobreentendiendo a la bicicleta como pequeña e intranquila.

Es por esto que se concluye que para poder incrementar los valores afectivos y de actitud de la bicicleta, se debe generar un enfoque en el que las personas se familiaricen con el modo, ya que los usuarios de este tienen un buen concepto del mismo. Esto no quiere decir que se tengan que dejar de lado las políticas actuales, ya que como se mencionó anteriormente las ciclovías por ejemplo tienen un aporte positivo en la decisión modal. Sin embargo, es importante tomar en cuenta estos nuevos factores a modo de complementar y poder lograr un mayor alcance, ya que el actual al solo estar considerando una de las caras, no está teniendo el resultado esperado en cuanto a la incrementación de la demanda.

En comparación con estudios similares realizados, se pueden considerar los resultados como concordantes y prometedores en el campo, pero a pesar de la significancia estadística del modelo híbrido, es importante destacar que la simplicidad del modelo y la reducida muestra, no permite generalizar los resultados y que deben ser considerados bajo una intención de viajes de tipo trabajo y/o estudio en el contexto de la Universidad de La Frontera. Se debe recordar que este tipo de investigaciones apuntan principalmente a lograr un mayor entendimiento del fenómeno de la elección modal, y que se debe seguir trabajando en el estudio y análisis de los factores asociados a ello, sobre todo los que apuntan a incrementar modos con enfoques medio ambientales y beneficiarios para la salud.

BIBLIOGRAFÍA

Abou-Zeid, M., & Ben-Akiva, M. (2009). *A model of travel happiness and mode switching.* Emerald, Bingley: S. Hess and A. Daly.

Alderete, C., & Tudela, A. (2011). Rol de los Factores Psicológicos, con Énfasis en los Sociales, sobre la Elección del Modo de Transporte. *Ingeniería de Transporte Vol.15 N°*, 41-49.

Anable, J., & Gatersleben, B. (2004). All work and no play? The role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel modes. *Transportation Research A39*, 163-181.

Ashok, K., Dillon, W., & Yuan, S. (2002). Extending discrete choice models to incorporate attitudinal and other latent variables. *Journal of Marketing Research 39*, 31-46.

Bahamonde, F. (2011). *Predicción con modelos híbridos de elección discreta: El rol de atributos tangibles en la definición de variables latentes.* Tesis de Magister, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Bämberg, S., Rölle, D., & Weber, C. (2003). Does habitual car use not lead to more resistance to change of travel mode? *Transportation. 30*, 97-108.

Ben Akiva, M., Walker, J., Bernardino, A., Gopinath, D., Morikawa, T., & Polydoropolou, A. (2002). *Integration of Choice and Latent Variable Models.* Elsevier, Amsterdam: En Mahmassani, H.

Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: a free package for the estimation of discrete choice models. *Conference paper STRC.*

Bierlaire, M. (2019). *biogeme.epfl.ch.*

Bojórnez, J., López, L., Hernández, M., & Jiménez, E. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso del software Minitab. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity.*

Bolduc, D., Boucher, N., & Alvarez-Daziano, R. (2008). Hybrid choice modelling of new technologies for car choice in Canada. *Transportation Research Record 2082*, 63-71.

Bollen, K. (1989). *Structural Equiations with Latent Variables.* John Wiley and Sons, Ltd.

Domarchi, C. (2007). *Efecto de la Actitud, el Hábito y la Valoración Afectiva en la Elección Modal. Una Aplicación a Personal de la Universidad de Concepción.* Concepción,Chile.

Domarchi, C., Tudela, A., & González, A. (2008). Effect of attitudes, habit and affective appraisal on mode choice: an aplication to university workers. *Transportation 35*, 585-599.

Domencich, T., & McFadden, D. (1975). *Urban Travel Demand: A Behavioural Analysis.* North-Holland, Amsterdam.

Eliecer, J., González , C., & Posada, J. (2011). The selection of a mode of urban transportation: Integrating psychological variables to discrete choice models. *Dyna*, 98-105.

Gardner, B. (2009). Modelling motivations and habit in stable travel mode contexts. *Trasnportation Research F.12*, 68-76.

Handy, S., & Xing, Y. (2011). Factor correlated with bycicle commuting: a study in six small U.S Cities. *International Journal of Sustainable Transportation 5*, 91-110.

Hanke, J., & Wichern, D. (2006). *Pronósticos en los negocios.* Mexico: Pearson.

Johannson, M., Heldt, T., & Johansson, P. (2006). The effects of attitudes and personality traits on mode choice. *Transportation research A. 40*, 507-525.

Kumar, S. (2017). *Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies.* India: Springer.

McLeod, S. (Mayo de 2019). *What a p-value Tells You About Statistival significance*. Obtenido de https://www.simplypsychology.org/p-value.html.

Miller, J., & Handy, S. (2012). Factors that influence university employees to commute by bicycle. *Transportation Research Record 2314,* 112-119.

Morikawa, T., & Sasaki, S. (1998). *Discrete choice models with latent variables using subjective data.* Pergamon, Oxford.

Motoaki, Y., & Daziano, R. (2014). A hybrid-choice latent-class model for the analysis of the effects of weather on cycling demand. *Transportation Research Part A 75*, 217-230.

Ortuzar, J. (1982). Fundamentals of discrete multimodal choice modelling. *Transport Reviews 2*, 47-48.

Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport* (Fourth Edition ed.).

Osgood, C., Suci, G., & Tannenbaum, P. (1976). *La Medida del Significado.* Madrid: Gredos.

Raveau, S., Alvarez-Daziano, R., Yañez, M., Bolduc, D., & Ortúzar, J. (2010). Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings. *Transportation Research Record 2156*, 131-139.

Raveau, S., Ortúzar, J., & Yañez, M. (2009). *Simultaneous estimation of discrete choice models with latent variables.* Padua, Italy: XIII Euro Working Group on Transportation.

Reeve, J. (2005). *Understanding Motivation and Emotion.* Hoboken: Wiley and Sons.

Tapia, A., Sichel, V., Tudela, A., & Carrasco, J. (2013). El impacto de las variables de personalidad en la estimación de la demanda. Un estudio de caso en Concepción. *XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*.

Tudela, A., Daziano, R., & Carrasco , J. (2013). El papel de los Factores Contextuales, Socioeconómicos y Sicológicos en la Elección de Modo. Un estudio de caso en Concepción. *Ingeniería de Transporte. Vol.17 N°01*, 29-35.

Verplanken, B., Arts, H., van Knippenberg, A., & van Knippenberg, C. (1994). Attitude versus general habit: Antecedents of travel mode choice. *Journal of Applied Social Psychology. 24*, 285-300.

Verplanklen, B., & Van Knippenberg, A. (1997). Habit, information acquisition and the process of making travel mode choices. *European journal of social psychology*, 539-560.

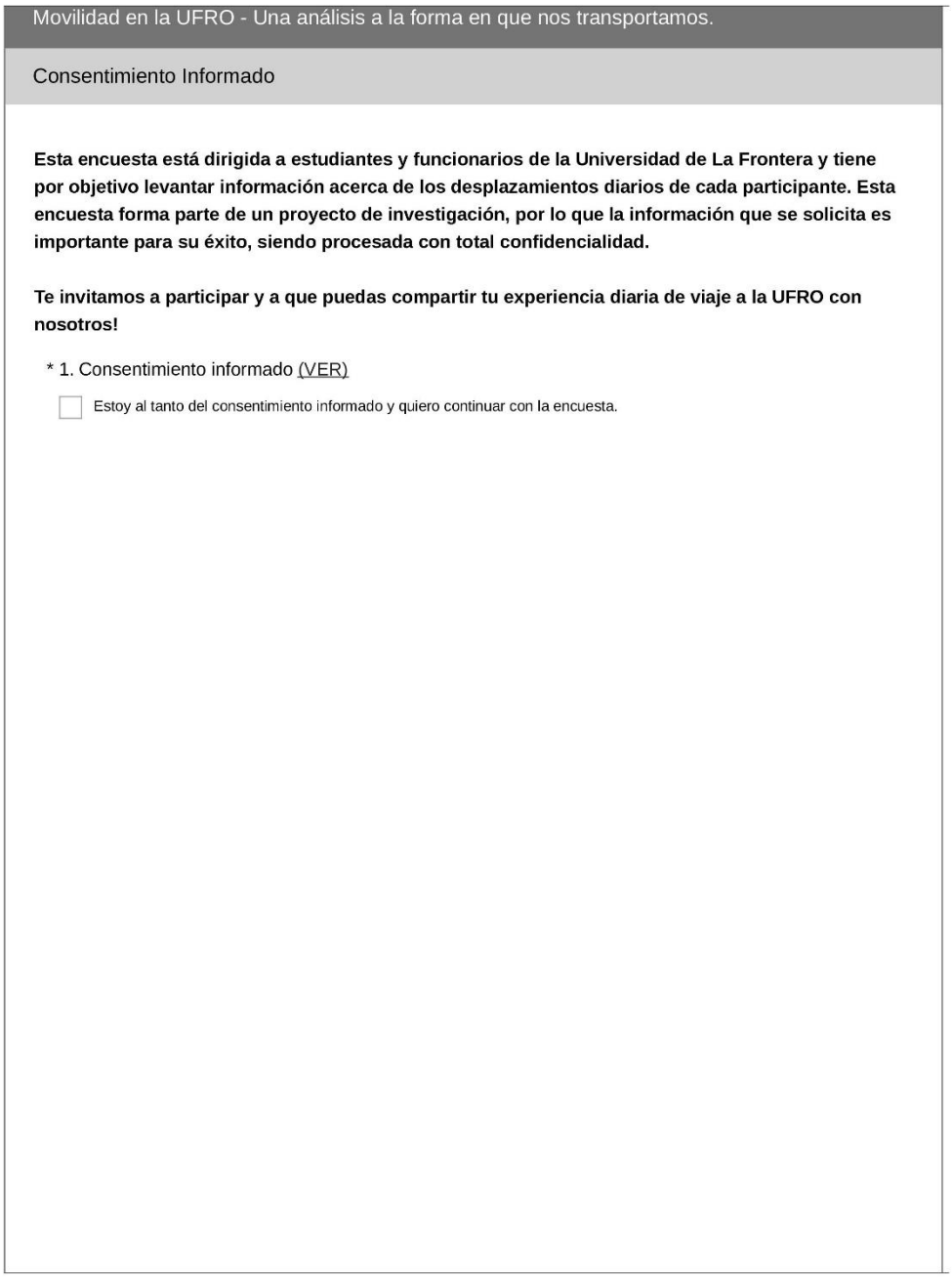
Vredin Johansson, M., Heldt, M., & Johansson, P. (2005). *Latent Variables in a travel mode choice model: attitudinal and behavioural indicator variables.* Uppsala University: Department of Economics.

Williams, H. (1977). On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning 9A*, 285-344.

ANEXOS

ANEXO A

ENCUESTA APLICADA A COMUNIDAD UNIVERSITARIA


Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Consentimiento Informado

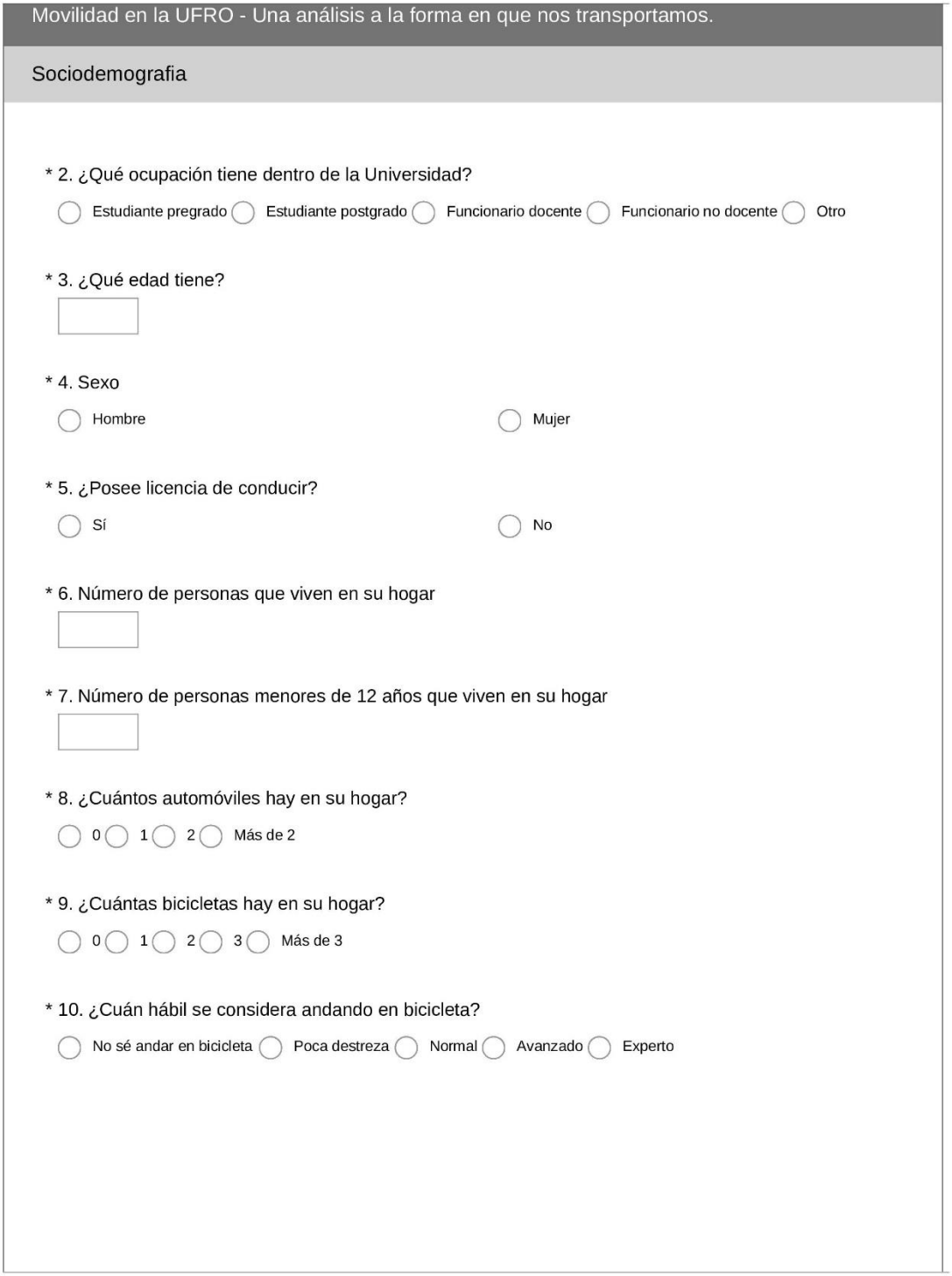
Esta encuesta está dirigida a estudiantes y funcionarios de la Universidad de La Frontera y tiene por objetivo levantar información acerca de los desplazamientos diarios de cada participante. Esta encuesta forma parte de un proyecto de investigación, por lo que la información que se solicita es importante para su éxito, siendo procesada con total confidencialidad.

Te invitamos a participar y a que puedas compartir tu experiencia diaria de viaje a la UFRO con nosotros!

* 1. Consentimiento informado (VER)

☐ Estoy al tanto del consentimiento informado y quiero continuar con la encuesta.

Figura A.1 Encuesta Movilidad UFRO, parte 1



Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Sociodemografia

* 2. ¿Qué ocupación tiene dentro de la Universidad?

Estudiante pregrado Estudiante postgrado Funcionario docente Funcionario no docente Otro

* 3. ¿Qué edad tiene?

* 4. Sexo

Hombre Mujer

* 5. ¿Posee licencia de conducir?

Sí No

* 6. Número de personas que viven en su hogar

* 7. Número de personas menores de 12 años que viven en su hogar

* 8. ¿Cuántos automóviles hay en su hogar?

0 1 2 Más de 2

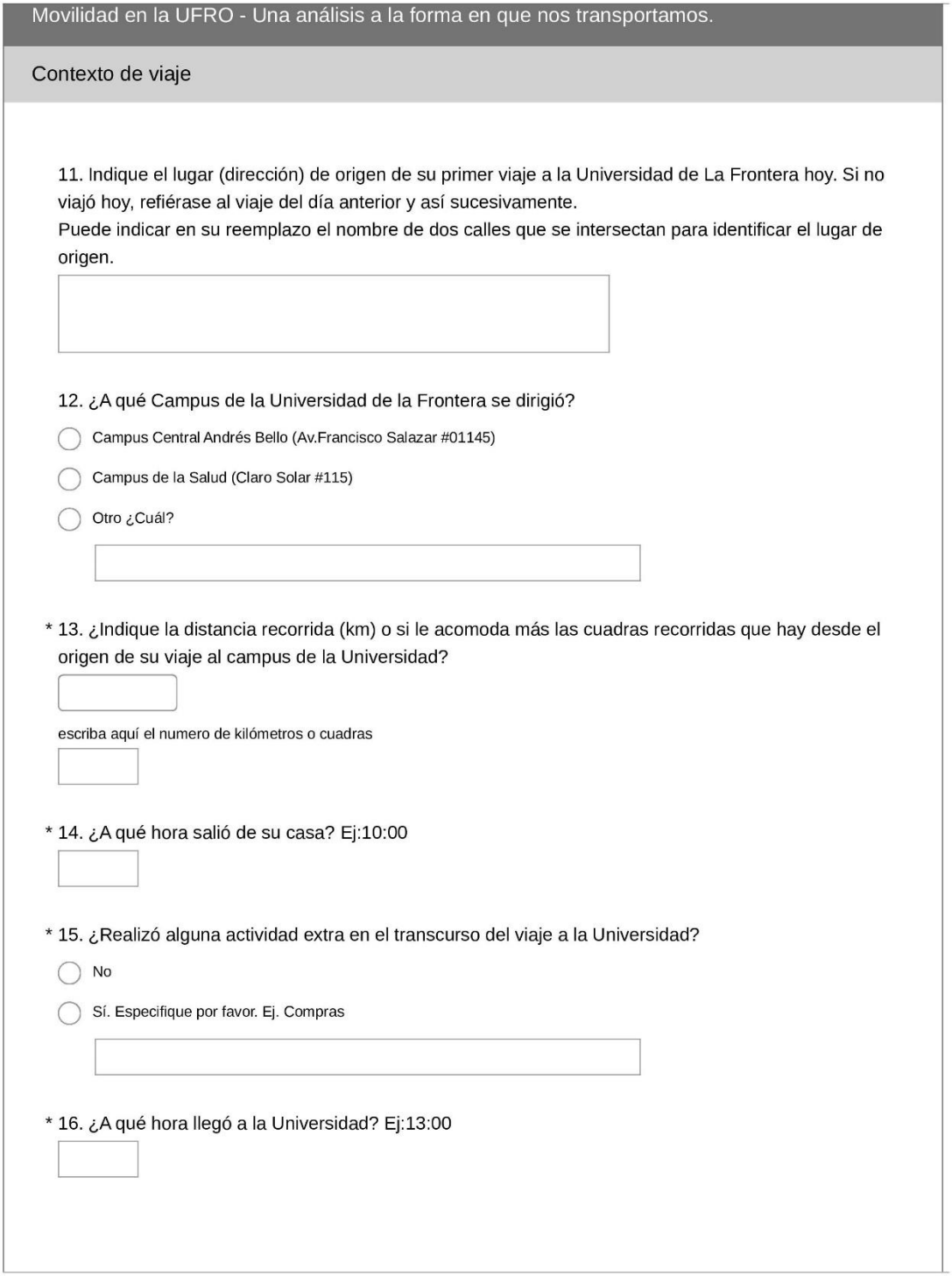
* 9. ¿Cuántas bicicletas hay en su hogar?

0 1 2 3 Más de 3

* 10. ¿Cuán hábil se considera andando en bicicleta?

No sé andar en bicicleta Poca destreza Normal Avanzado Experto

Figura A.2 Encuesta Movilidad UFRO, parte 2



Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Contexto de viaje

11. Indique el lugar (dirección) de origen de su primer viaje a la Universidad de La Frontera hoy. Si no viajó hoy, refiérase al viaje del día anterior y así sucesivamente.
Puede indicar en su reemplazo el nombre de dos calles que se intersectan para identificar el lugar de origen.

12. ¿A qué Campus de la Universidad de la Frontera se dirigió?

- Campus Central Andrés Bello (Av.Francisco Salazar #01145)
- Campus de la Salud (Claro Solar #115)
- Otro ¿Cuál?

* 13. ¿Indique la distancia recorrida (km) o si le acomoda más las cuadras recorridas que hay desde el origen de su viaje al campus de la Universidad?

escriba aquí el numero de kilómetros o cuadras

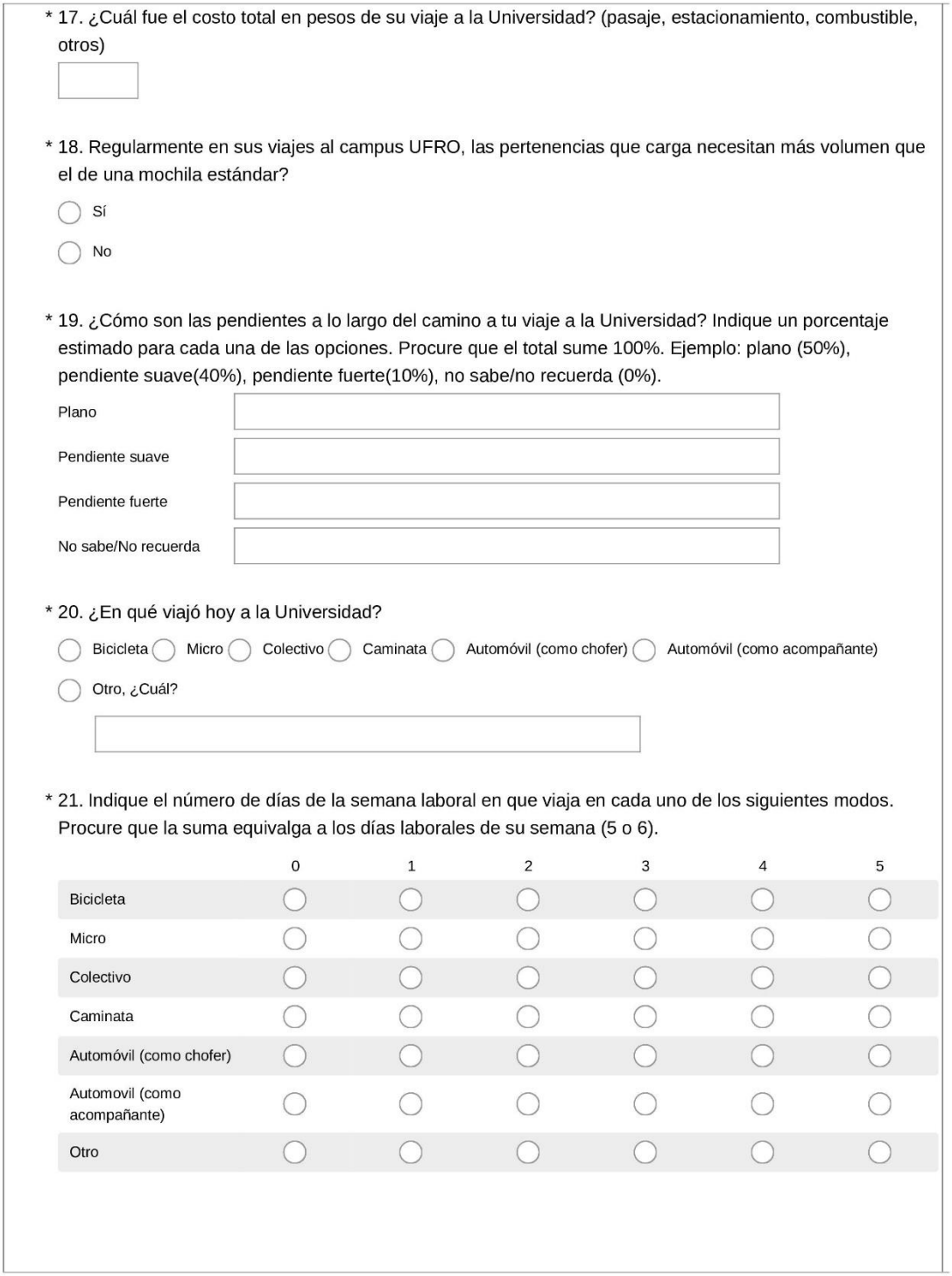
* 14. ¿A qué hora salió de su casa? Ej:10:00

* 15. ¿Realizó alguna actividad extra en el transcurso del viaje a la Universidad?

- No
- Sí. Especifique por favor. Ej. Compras

* 16. ¿A qué hora llegó a la Universidad? Ej:13:00

Figura A.3 Encuesta Movilidad UFRO, parte 3



* 17. ¿Cuál fue el costo total en pesos de su viaje a la Universidad? (pasaje, estacionamiento, combustible, otros)

* 18. Regularmente en sus viajes al campus UFRO, las pertenencias que carga necesitan más volumen que el de una mochila estándar?

- Sí
- No

* 19. ¿Cómo son las pendientes a lo largo del camino a tu viaje a la Universidad? Indique un porcentaje estimado para cada una de las opciones. Procure que el total sume 100%. Ejemplo: plano (50%), pendiente suave(40%), pendiente fuerte(10%), no sabe/no recuerda (0%).

Plano	
Pendiente suave	
Pendiente fuerte	
No sabe/No recuerda	

* 20. ¿En qué viajó hoy a la Universidad?

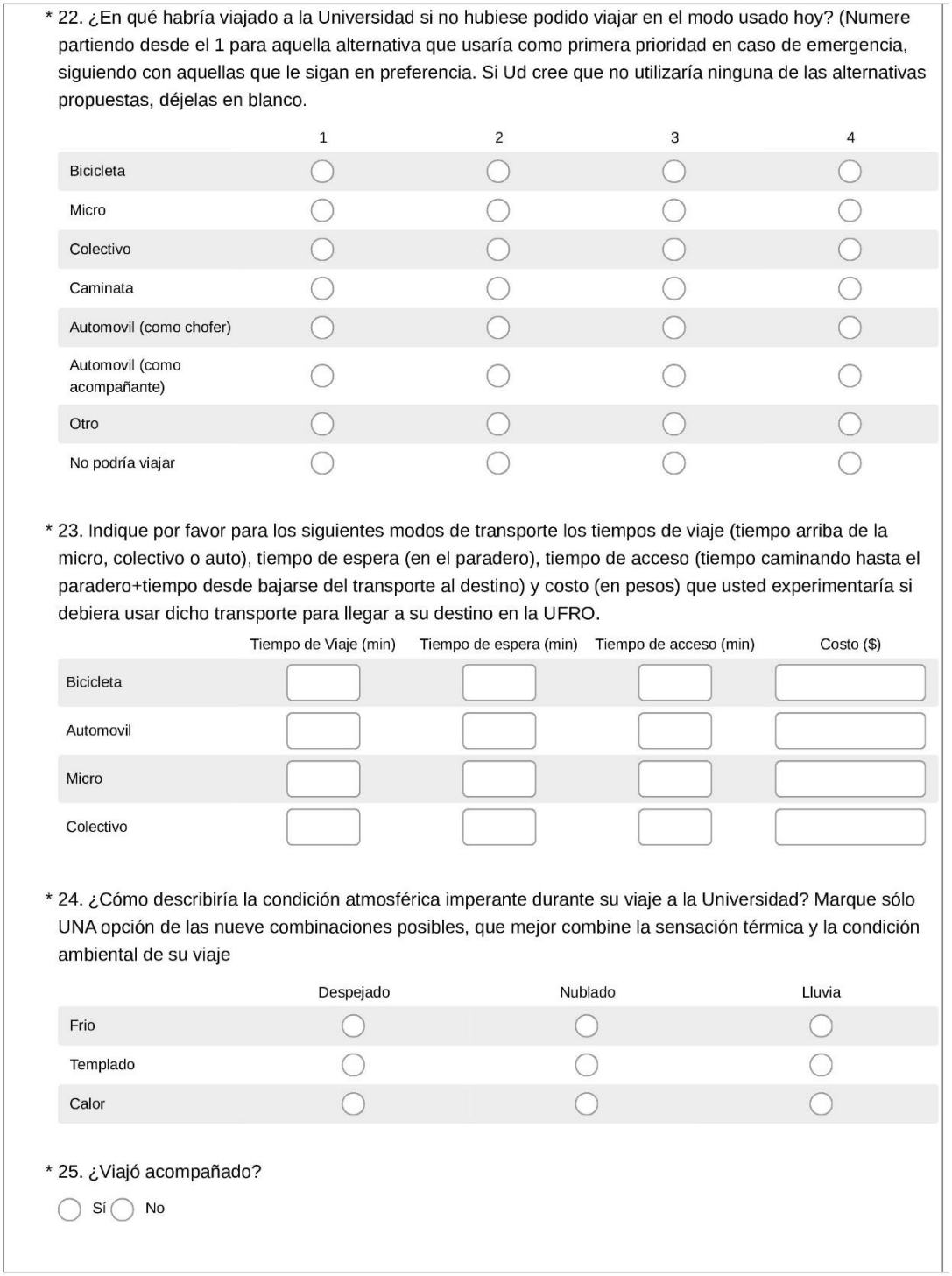
Bicicleta Micro Colectivo Caminata Automóvil (como chofer) Automóvil (como acompañante)

Otro, ¿Cuál?

* 21. Indique el número de días de la semana laboral en que viaja en cada uno de los siguientes modos. Procure que la suma equivalga a los días laborales de su semana (5 o 6).

	0	1	2	3	4	5
Bicicleta						
Micro						
Colectivo						
Caminata						
Automóvil (como chofer)						
Automovil (como acompañante)						
Otro						

Figura A.4 Encuesta Movilidad UFRO, parte 4



* 22. ¿En qué habría viajado a la Universidad si no hubiese podido viajar en el modo usado hoy? (Numere partiendo desde el 1 para aquella alternativa que usaría como primera prioridad en caso de emergencia, siguiendo con aquellas que le sigan en preferencia. Si Ud cree que no utilizaría ninguna de las alternativas propuestas, déjelas en blanco.

	1	2	3	4
Bicicleta	○	○	○	○
Micro	○	○	○	○
Colectivo	○	○	○	○
Caminata	○	○	○	○
Automovil (como chofer)	○	○	○	○
Automovil (como acompañante)	○	○	○	○
Otro	○	○	○	○
No podría viajar	○	○	○	○

* 23. Indique por favor para los siguientes modos de transporte los tiempos de viaje (tiempo arriba de la micro, colectivo o auto), tiempo de espera (en el paradero), tiempo de acceso (tiempo caminando hasta el paradero+tiempo desde bajarse del transporte al destino) y costo (en pesos) que usted experimentaría si debiera usar dicho transporte para llegar a su destino en la UFRO.

	Tiempo de Viaje (min)	Tiempo de espera (min)	Tiempo de acceso (min)	Costo ($)
Bicicleta				
Automovil				
Micro				
Colectivo				

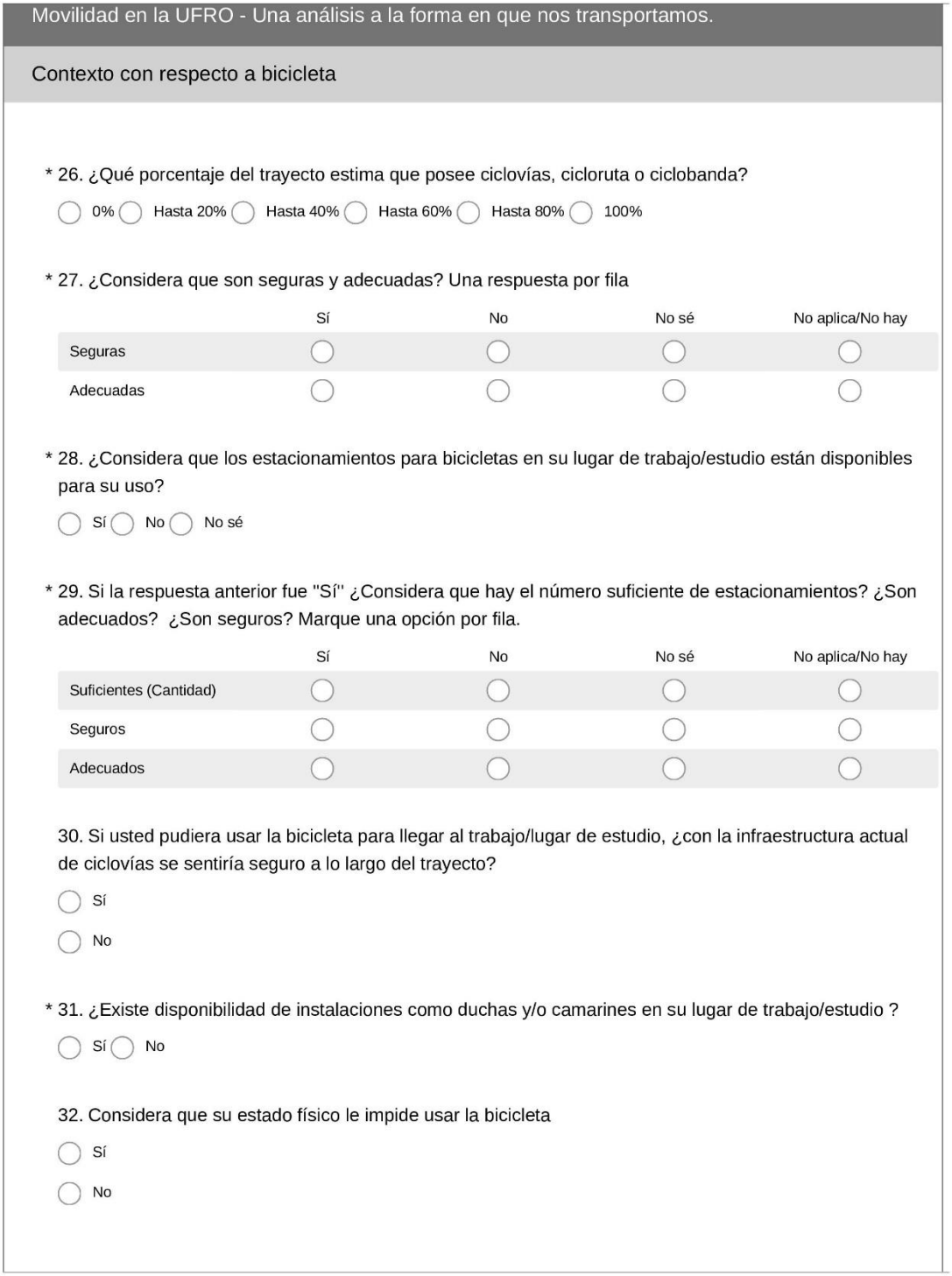
* 24. ¿Cómo describiría la condición atmosférica imperante durante su viaje a la Universidad? Marque sólo UNA opción de las nueve combinaciones posibles, que mejor combine la sensación térmica y la condición ambiental de su viaje

	Despejado	Nublado	Lluvia
Frio	○	○	○
Templado	○	○	○
Calor	○	○	○

* 25. ¿Viajó acompañado?

○ Sí ○ No

Figura A.5 Encuesta Movilidad UFRO, parte 5



Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Contexto con respecto a bicicleta

* 26. ¿Qué porcentaje del trayecto estima que posee ciclovías, cicloruta o ciclobanda?

0% Hasta 20% Hasta 40% Hasta 60% Hasta 80% 100%

* 27. ¿Considera que son seguras y adecuadas? Una respuesta por fila

	Sí	No	No sé	No aplica/No hay
Seguras				
Adecuadas				

* 28. ¿Considera que los estacionamientos para bicicletas en su lugar de trabajo/estudio están disponibles para su uso?

Sí No No sé

* 29. Si la respuesta anterior fue "Sí" ¿Considera que hay el número suficiente de estacionamientos? ¿Son adecuados? ¿Son seguros? Marque una opción por fila.

	Sí	No	No sé	No aplica/No hay
Suficientes (Cantidad)				
Seguros				
Adecuados				

30. Si usted pudiera usar la bicicleta para llegar al trabajo/lugar de estudio, ¿con la infraestructura actual de ciclovías se sentiría seguro a lo largo del trayecto?

Sí

No

* 31. ¿Existe disponibilidad de instalaciones como duchas y/o camarines en su lugar de trabajo/estudio ?

Sí No

32. Considera que su estado físico le impide usar la bicicleta

Sí

No

Figura A.6 Encuesta Movilidad UFRO, parte 6

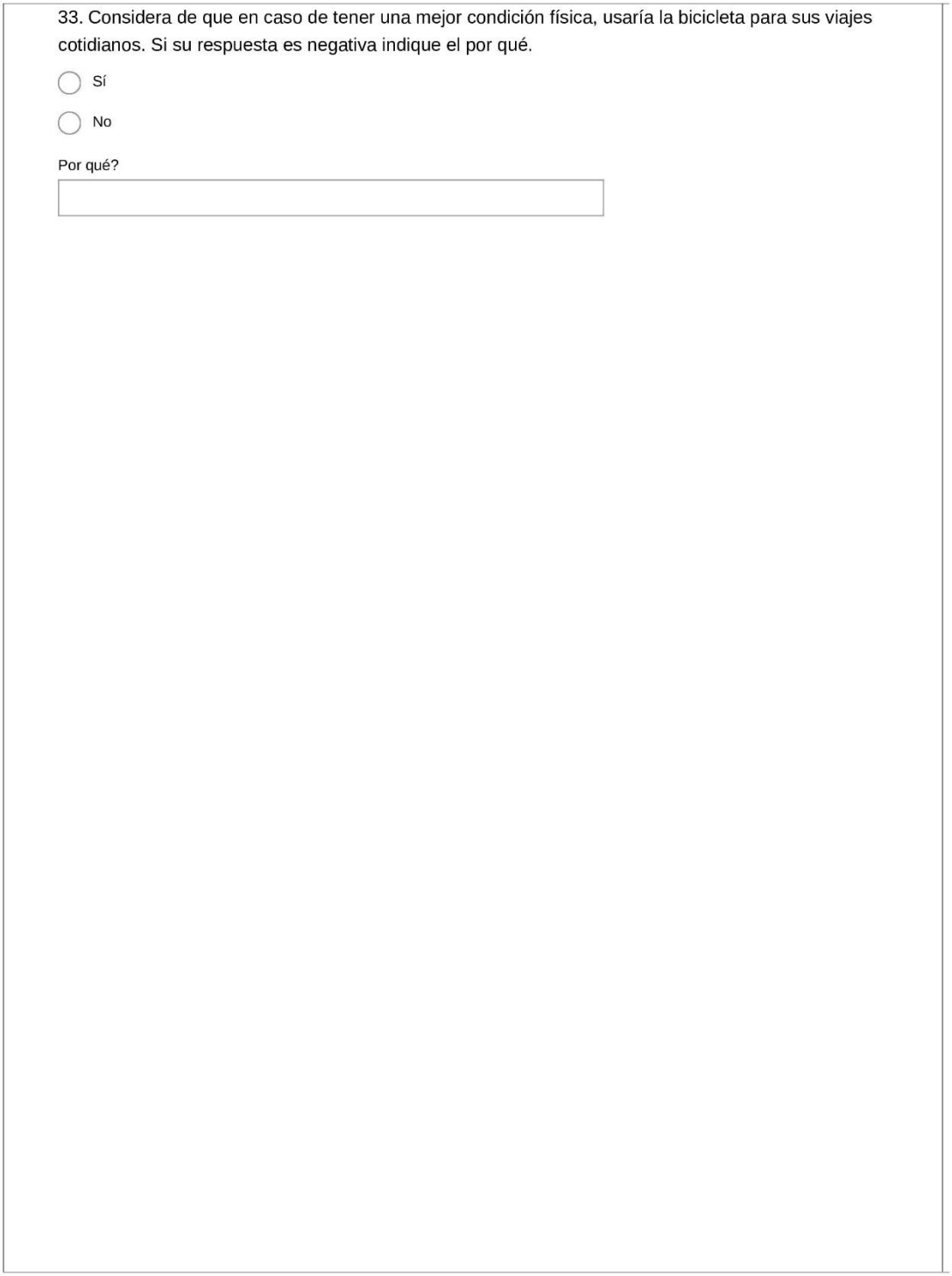
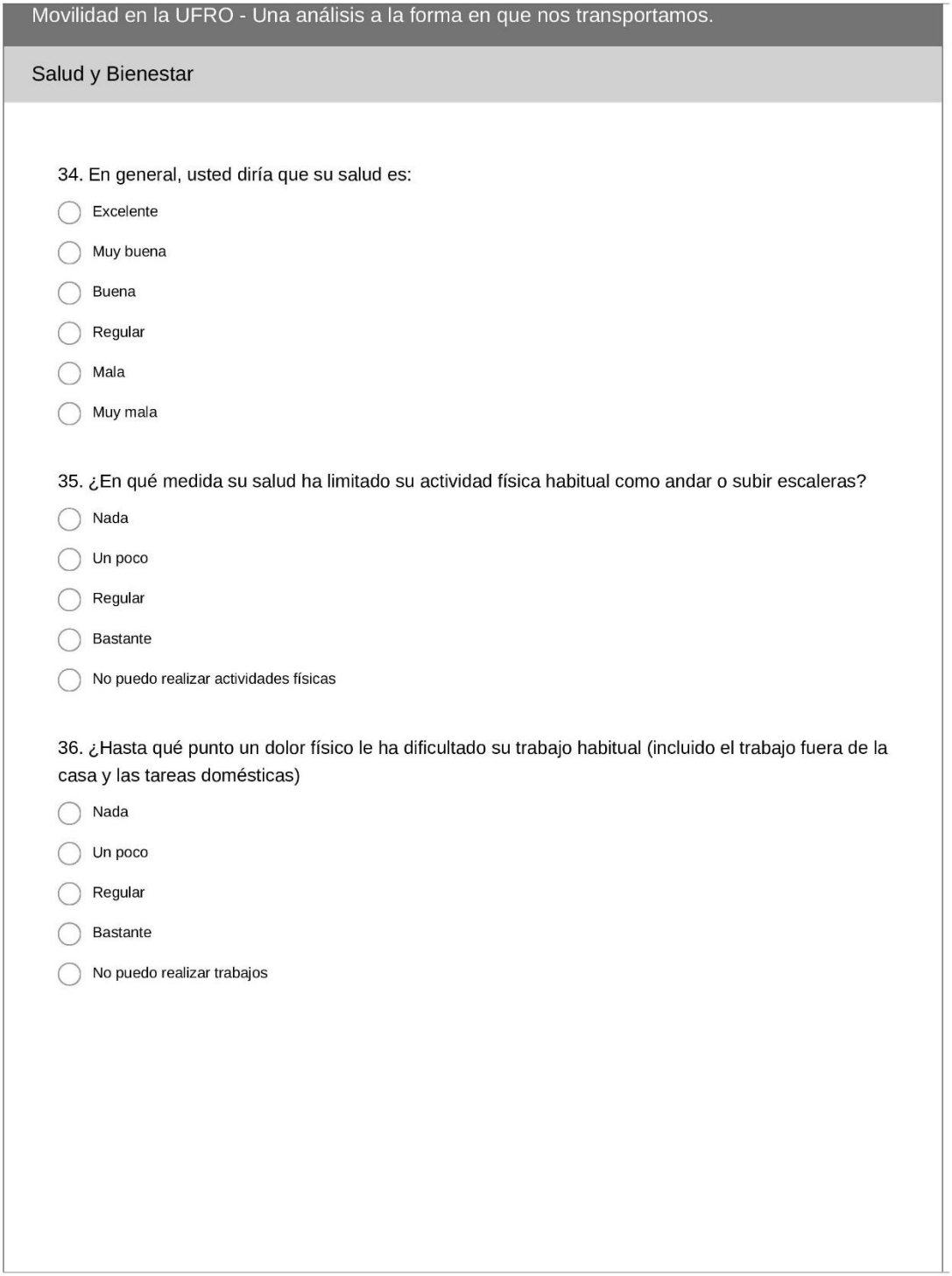


Figura A.7 Encuesta Movilidad UFRO, parte 7


Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Salud y Bienestar

34. En general, usted diría que su salud es:

- Excelente
- Muy buena
- Buena
- Regular
- Mala
- Muy mala

35. ¿En qué medida su salud ha limitado su actividad física habitual como andar o subir escaleras?

- Nada
- Un poco
- Regular
- Bastante
- No puedo realizar actividades físicas

36. ¿Hasta qué punto un dolor físico le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de la casa y las tareas domésticas)

- Nada
- Un poco
- Regular
- Bastante
- No puedo realizar trabajos

Figura A.8 Encuesta Movilidad UFRO, parte 8

37. ¿Ha tenido dolor en alguna parte del cuerpo últimamente?

- ◯ No, ninguno
- ◯ Sí, muy poco
- ◯ Sí, un poco
- ◯ Sí, moderado
- ◯ Sí, mucho
- ◯ Sí, muchísimo

38. ¿Se siente lleno de vitalidad?

- ◯ Mucho
- ◯ Bastante
- ◯ Regular
- ◯ Poco
- ◯ Nada

39. ¿Con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

- ◯ Nada
- ◯ Un poco
- ◯ Regular
- ◯ Bastante
- ◯ No puedo realizar actividades sociales

40. ¿Hasta qué punto se ha visto afectado alguna vez por problemas emocionales (como sentirse ansioso, deprimido o irritable)?

- ◯ Nada
- ◯ Un poco
- ◯ Regular
- ◯ Bastante
- ◯ Mucho

Figura A.9 Encuesta Movilidad UFRO, parte 9

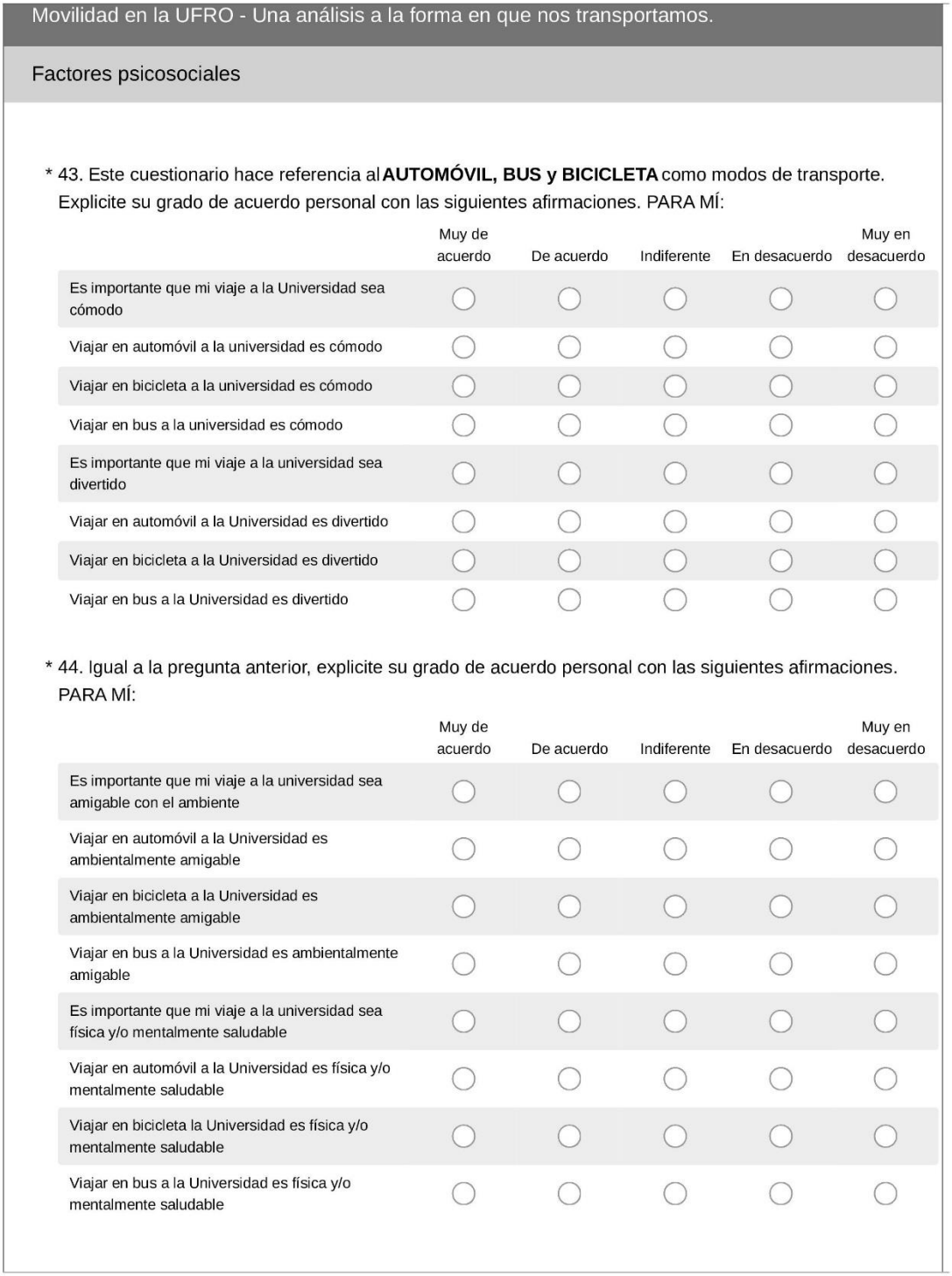
41. ¿Hasta qué punto los problemas personales o emocionales han dificultado alguna vez su trabajo habitual, escuela u otras actividades diarias?

- ◯ Nada
- ◯ Un poco
- ◯ Regular
- ◯ Bastante
- ◯ Mucho

42. ¿Con qué frecuencia usted realiza ejercicios físicos?

- ◯ Nada
- ◯ Menos de una vez al mes
- ◯ Una vez al mes
- ◯ Una vez a la semana
- ◯ Más de una vez a la semana

Figura A.10 Encuesta Movilidad UFRO, parte 10



Movilidad en la UFRO - Una análisis a la forma en que nos transportamos.

Factores psicosociales

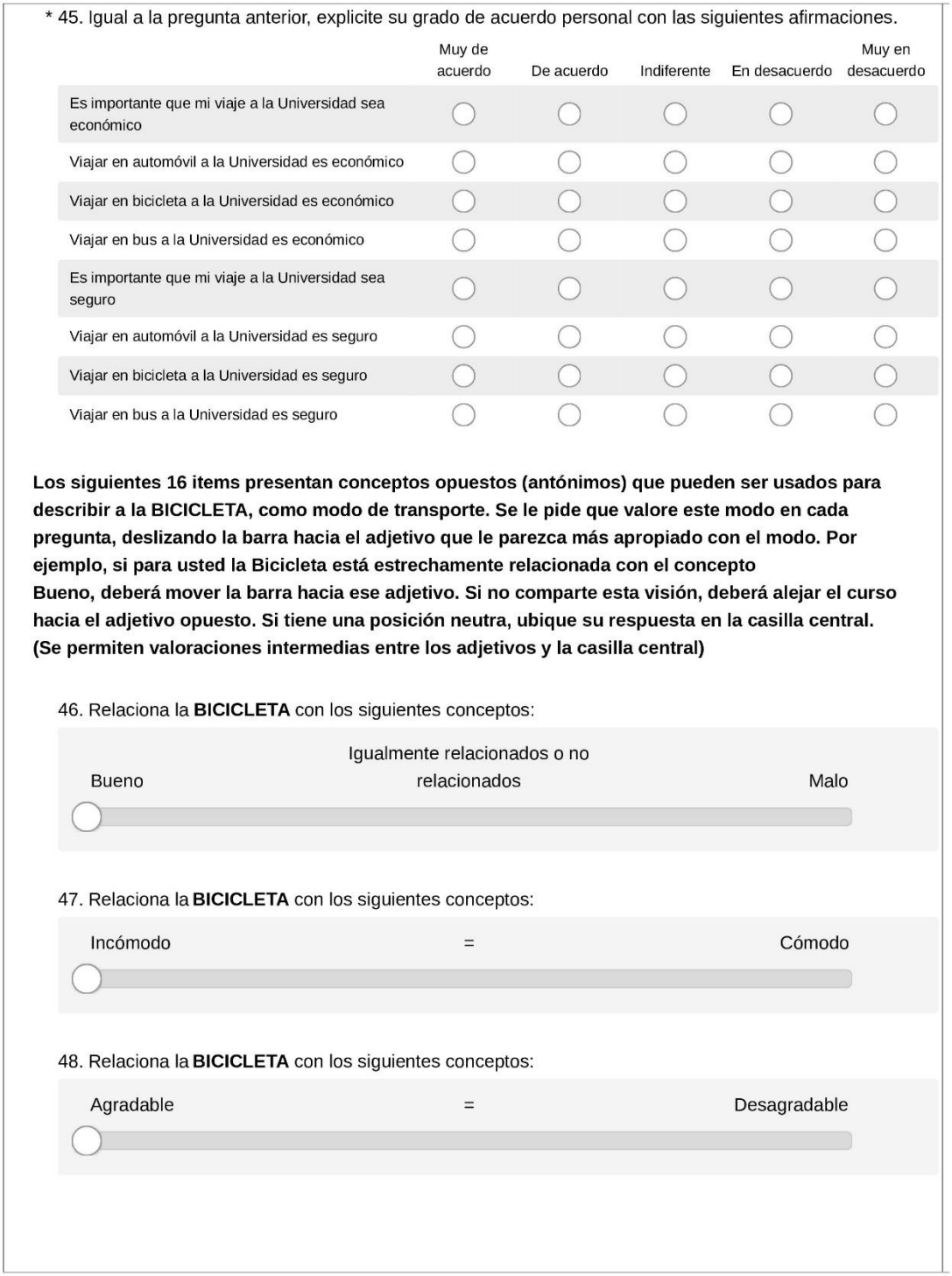
* 43. Este cuestionario hace referencia al **AUTOMÓVIL, BUS y BICICLETA** como modos de transporte. Explicite su grado de acuerdo personal con las siguientes afirmaciones. PARA MÍ:

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Es importante que mi viaje a la Universidad sea cómodo	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la universidad es cómodo	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta a la universidad es cómodo	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la universidad es cómodo	○	○	○	○	○
Es importante que mi viaje a la universidad sea divertido	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la Universidad es divertido	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta a la Universidad es divertido	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la Universidad es divertido	○	○	○	○	○

* 44. Igual a la pregunta anterior, explicite su grado de acuerdo personal con las siguientes afirmaciones. PARA MÍ:

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Es importante que mi viaje a la universidad sea amigable con el ambiente	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la Universidad es ambientalmente amigable	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta a la Universidad es ambientalmente amigable	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la Universidad es ambientalmente amigable	○	○	○	○	○
Es importante que mi viaje a la universidad sea física y/o mentalmente saludable	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la Universidad es física y/o mentalmente saludable	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta la Universidad es física y/o mentalmente saludable	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la Universidad es física y/o mentalmente saludable	○	○	○	○	○

Figura A.11 Encuesta Movilidad UFRO, parte 11



* 45. Igual a la pregunta anterior, explicite su grado de acuerdo personal con las siguientes afirmaciones.

	Muy de acuerdo	De acuerdo	Indiferente	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Es importante que mi viaje a la Universidad sea económico	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la Universidad es económico	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta a la Universidad es económico	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la Universidad es económico	○	○	○	○	○
Es importante que mi viaje a la Universidad sea seguro	○	○	○	○	○
Viajar en automóvil a la Universidad es seguro	○	○	○	○	○
Viajar en bicicleta a la Universidad es seguro	○	○	○	○	○
Viajar en bus a la Universidad es seguro	○	○	○	○	○

Los siguientes 16 items presentan conceptos opuestos (antónimos) que pueden ser usados para describir a la BICICLETA, como modo de transporte. Se le pide que valore este modo en cada pregunta, deslizando la barra hacia el adjetivo que le parezca más apropiado con el modo. Por ejemplo, si para usted la Bicicleta está estrechamente relacionada con el concepto Bueno, deberá mover la barra hacia ese adjetivo. Si no comparte esta visión, deberá alejar el curso hacia el adjetivo opuesto. Si tiene una posición neutra, ubique su respuesta en la casilla central. (Se permiten valoraciones intermedias entre los adjetivos y la casilla central)

46. Relaciona la **BICICLETA** con los siguientes conceptos:

Bueno — Igualmente relacionados o no relacionados — Malo

47. Relaciona la **BICICLETA** con los siguientes conceptos:

Incómodo = Cómodo

48. Relaciona la **BICICLETA** con los siguientes conceptos:

Agradable = Desagradable

Figura A.12 Encuesta Movilidad UFRO, parte 12

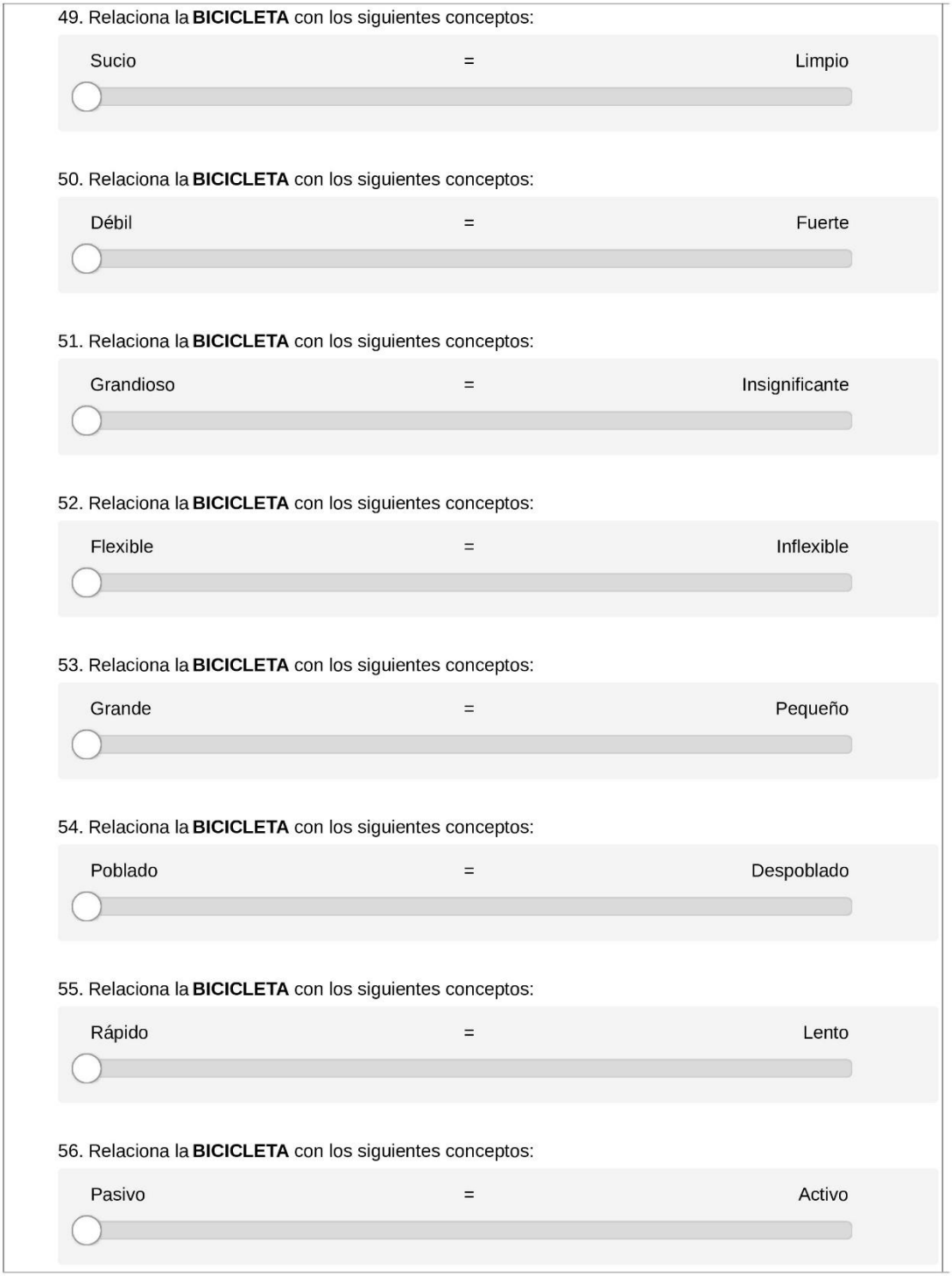


Figura A.13 Encuesta Movilidad UFRO, parte 13

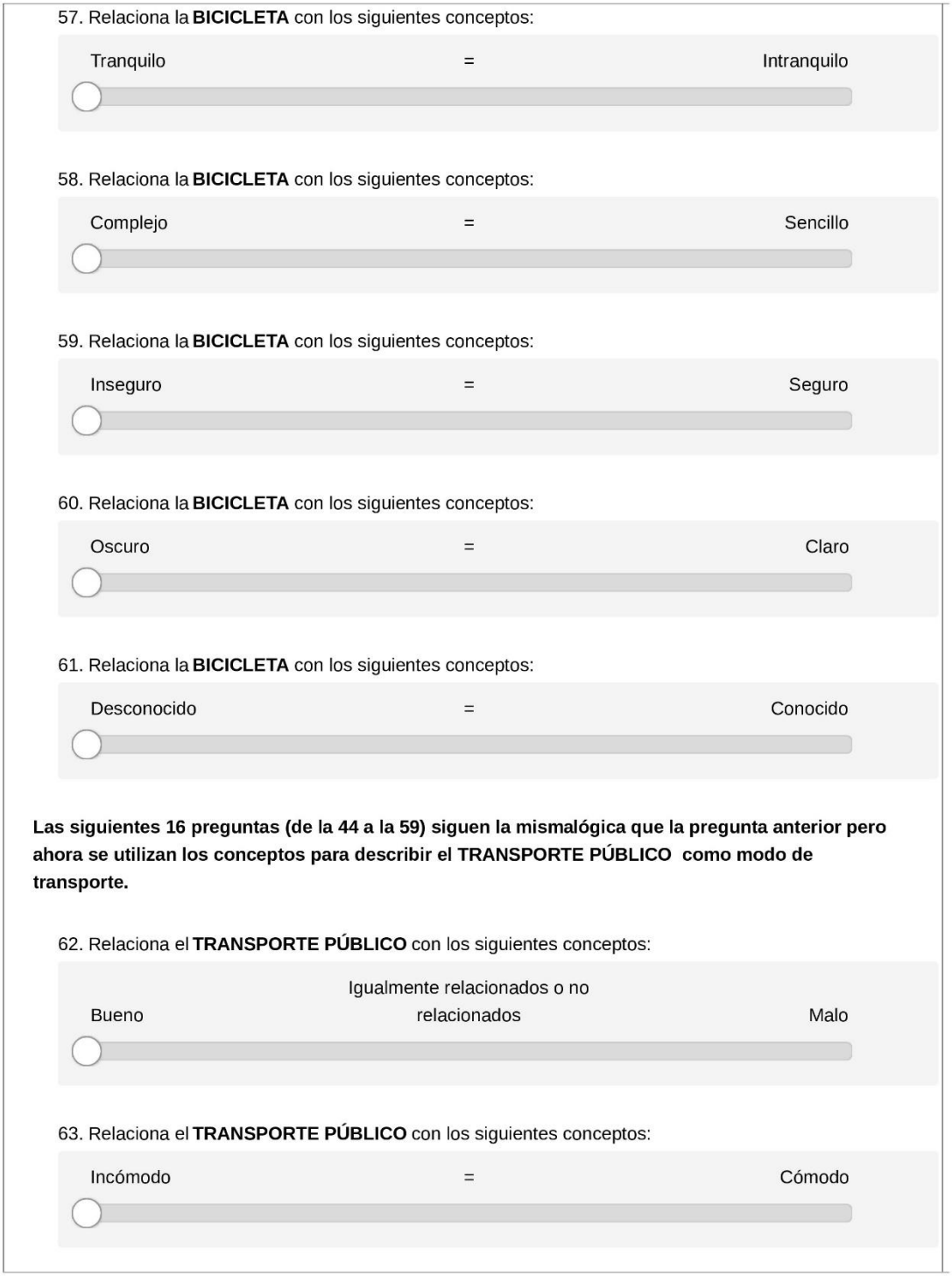


Figura A.14 Encuesta Movilidad UFRO, parte 14

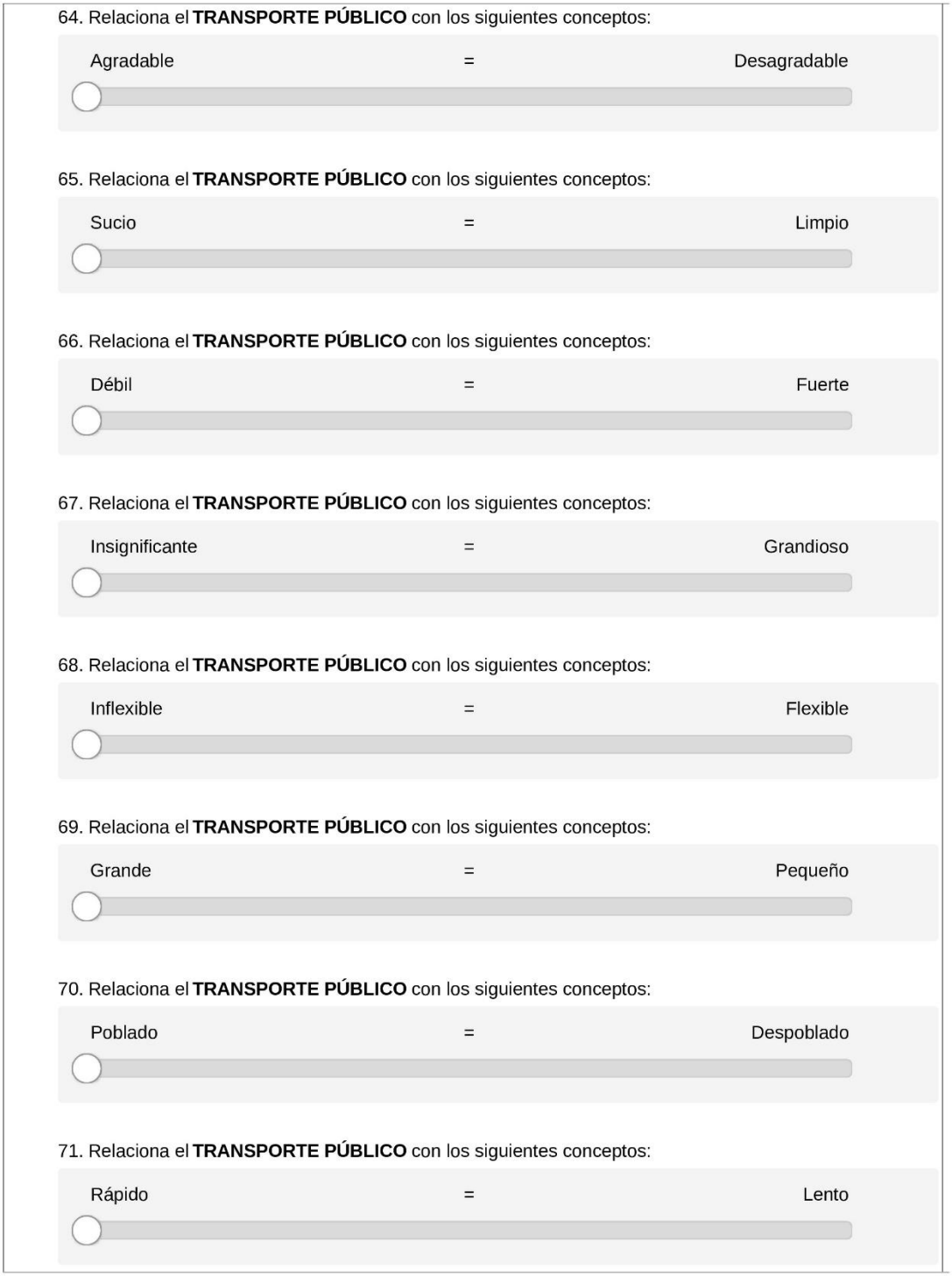


Figura A.15 Encuesta Movilidad UFRO, parte 15

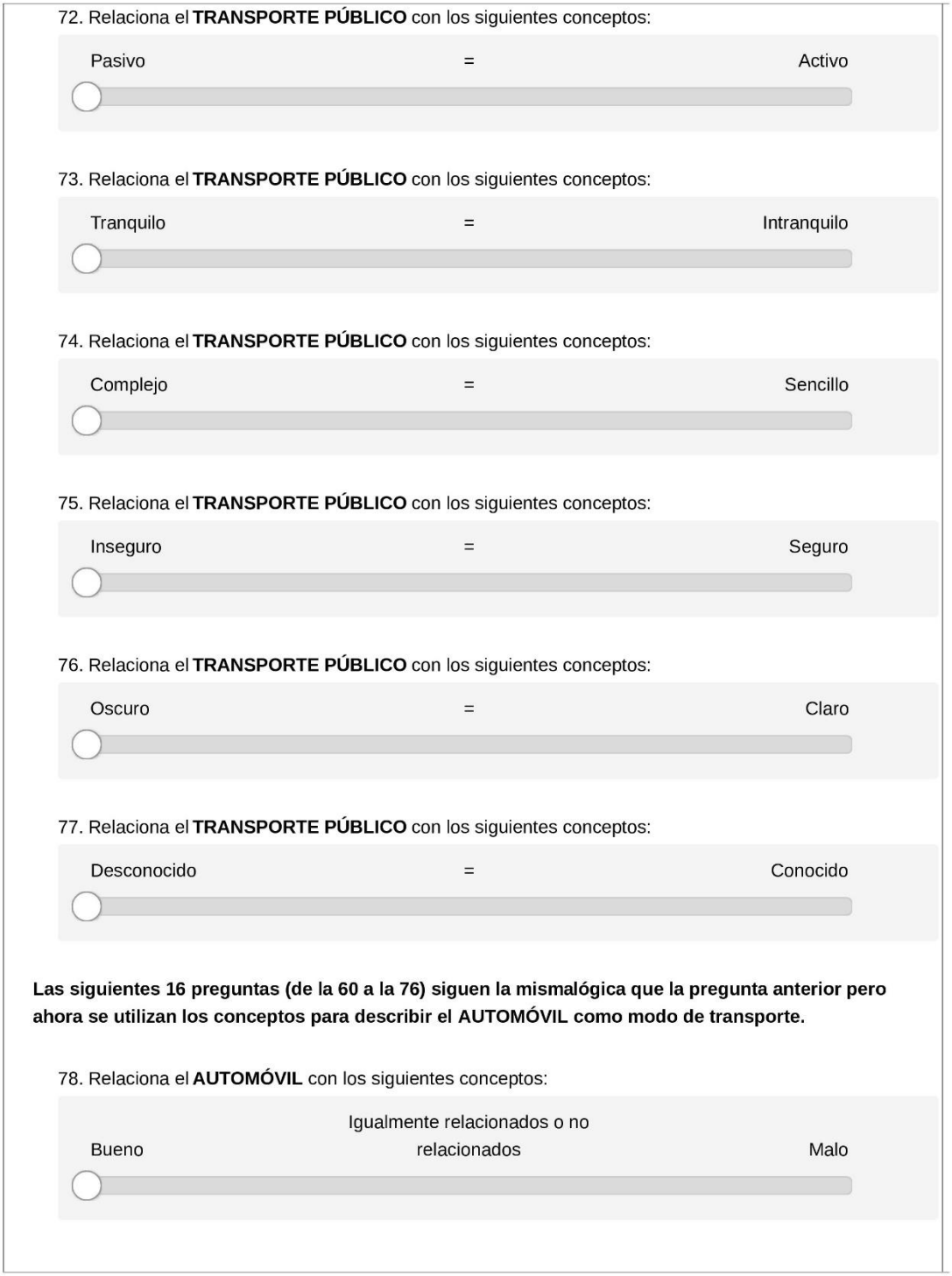


Figura A.16 Encuesta Movilidad UFRO, parte 16

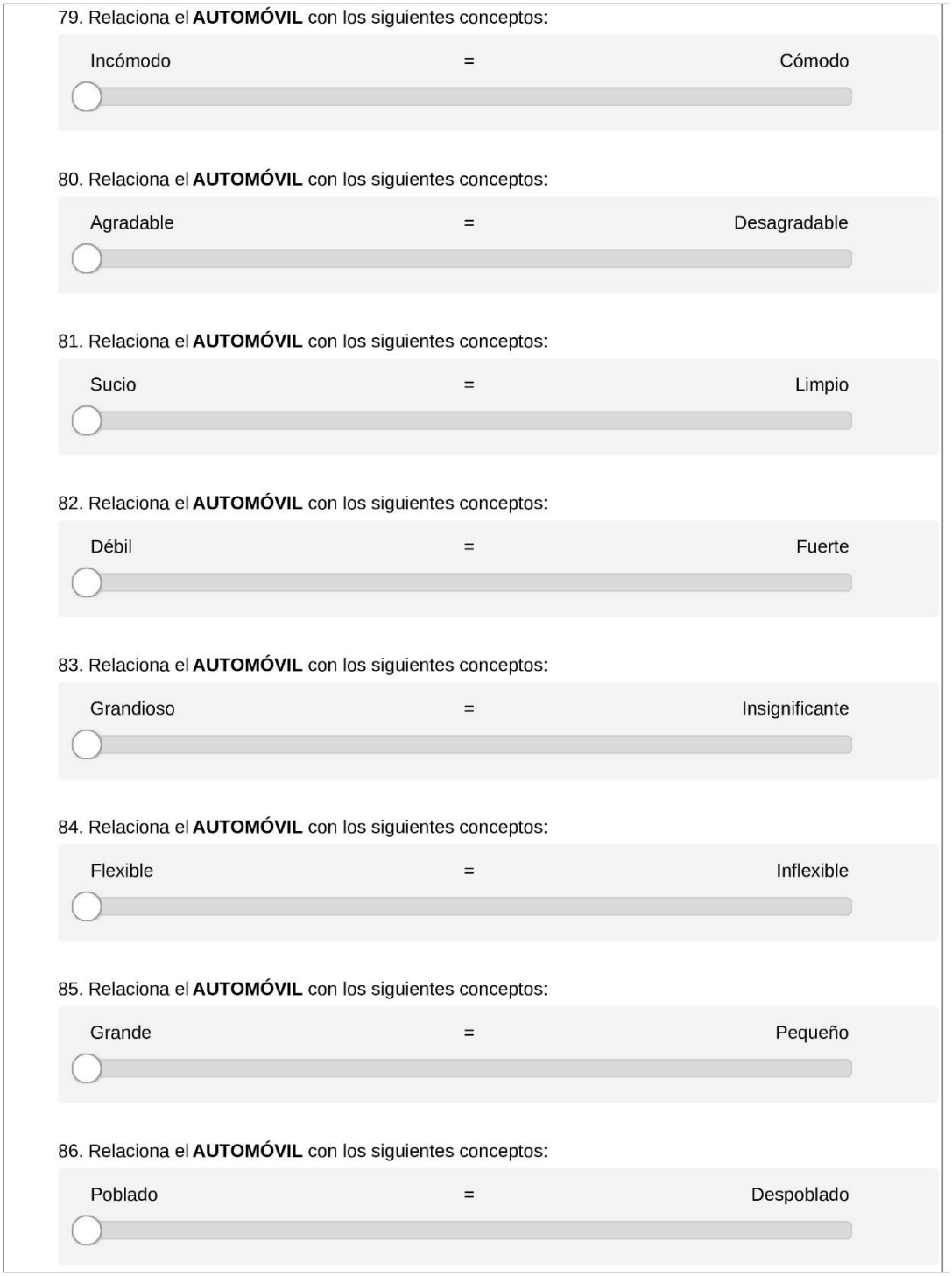


Figura A.17 Encuesta Movilidad UFRO, parte 17

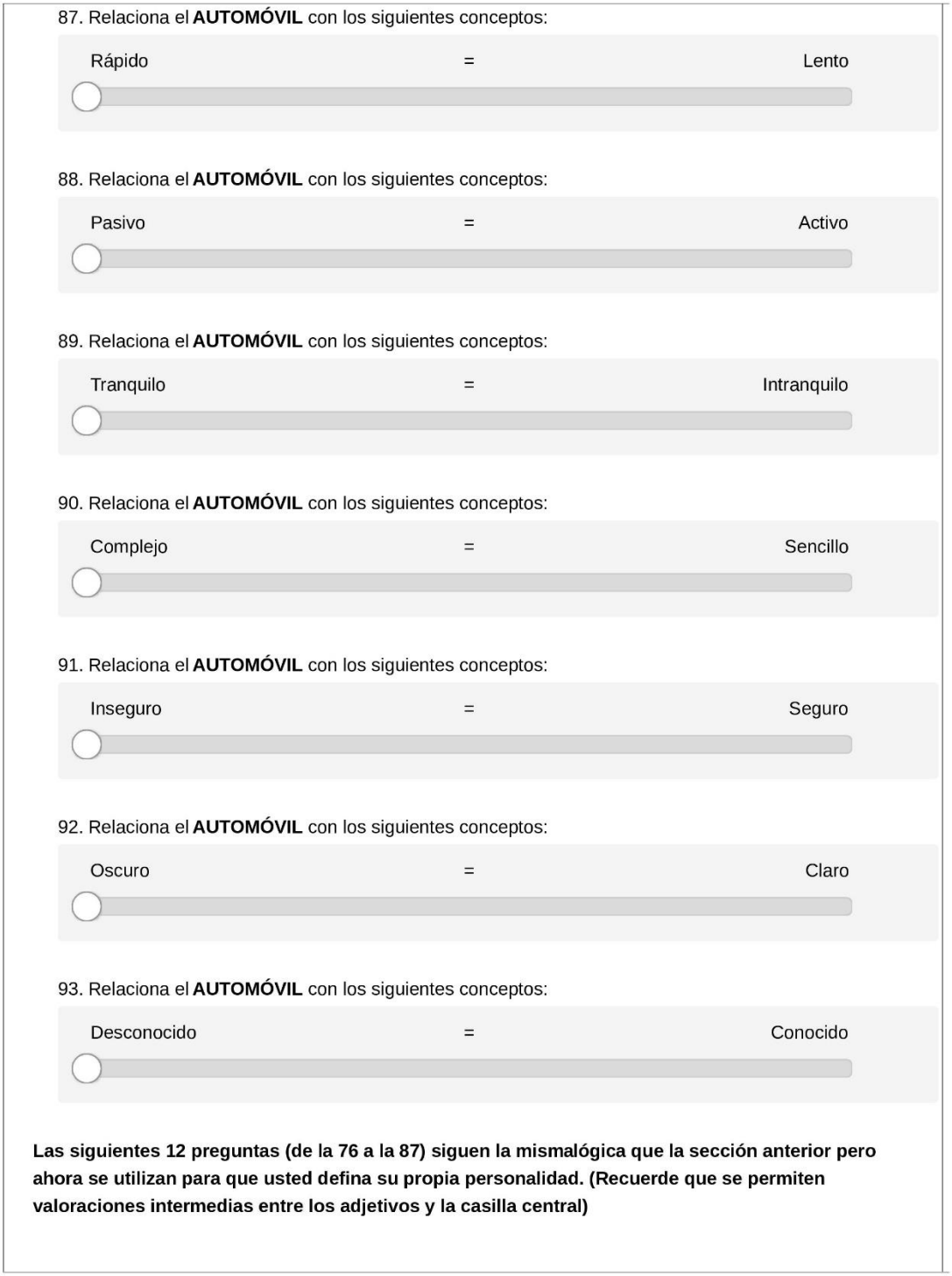


Figura A.18 Encuesta Movilidad UFRO, parte 18

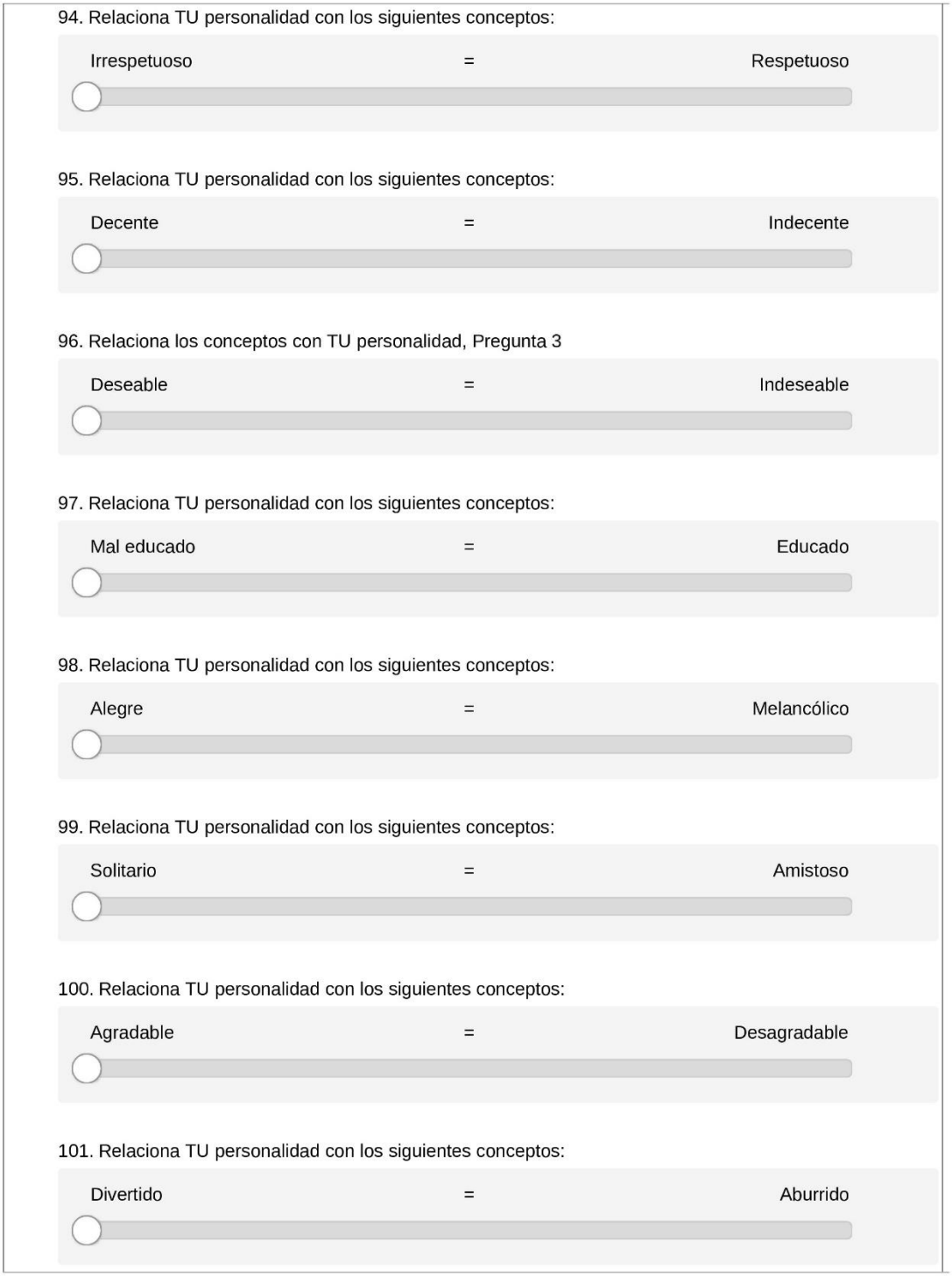


Figura A.19 Encuesta Movilidad UFRO, parte 19

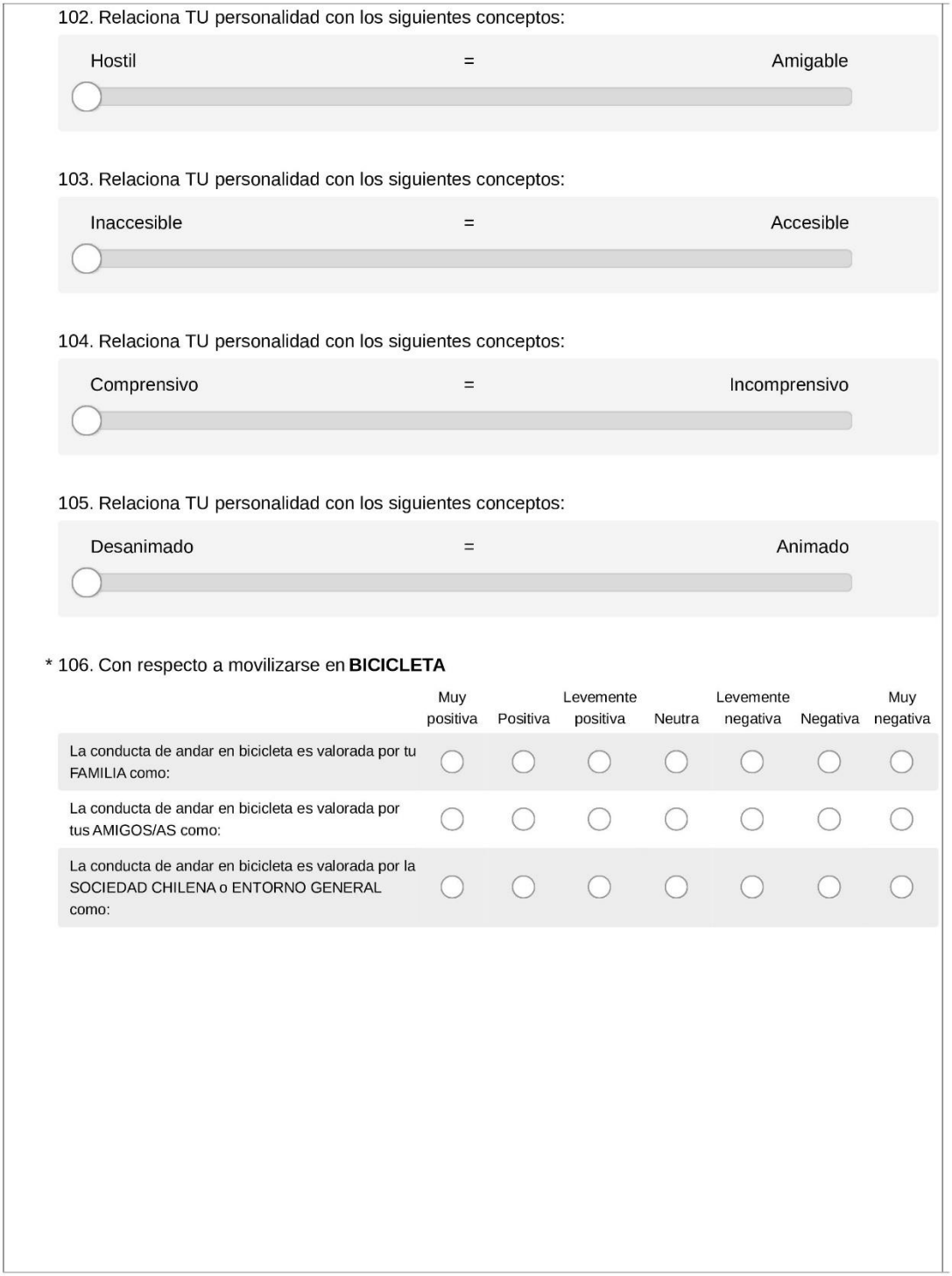
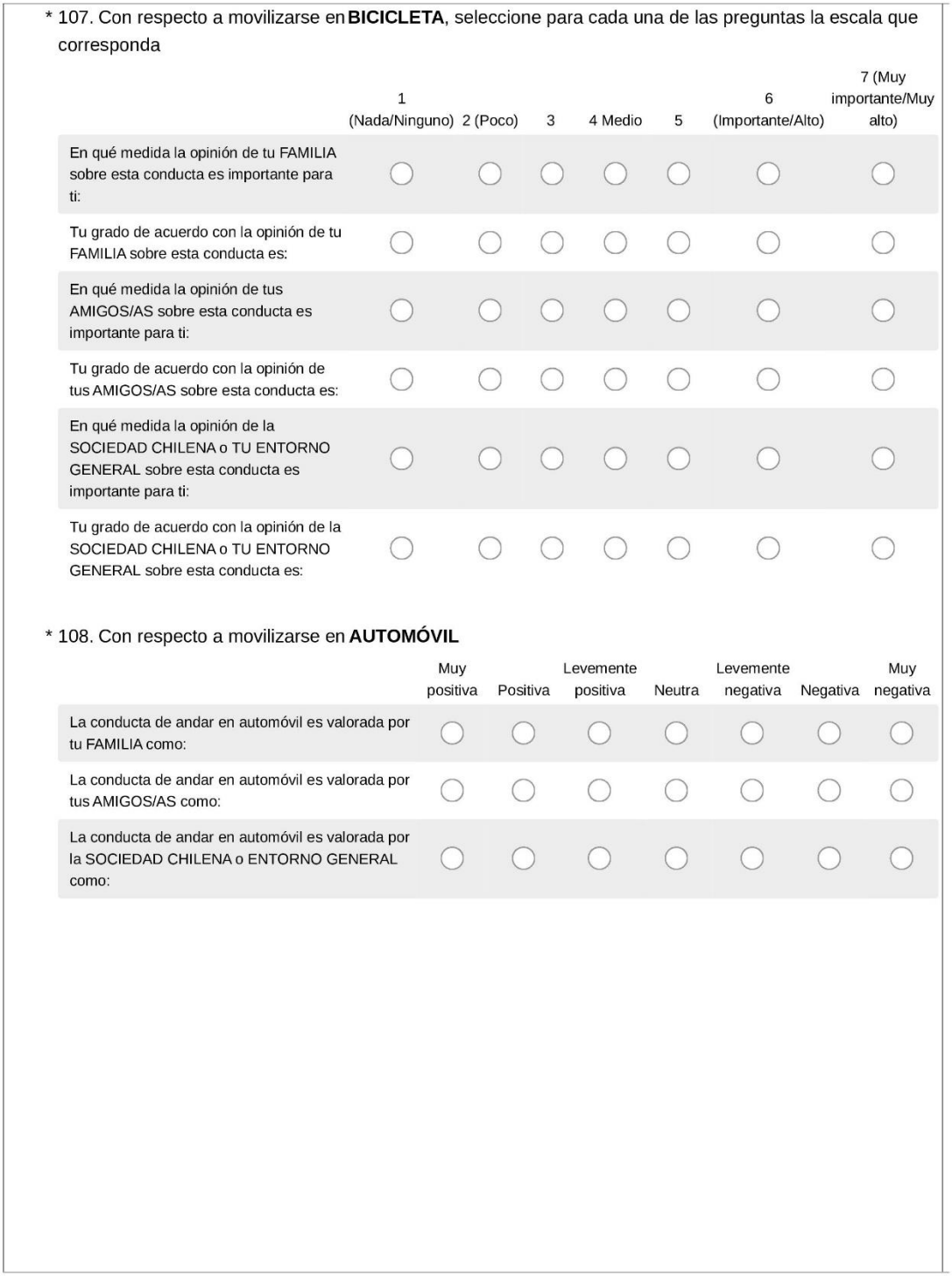


Figura A.20 Encuesta Movilidad UFRO, parte 20



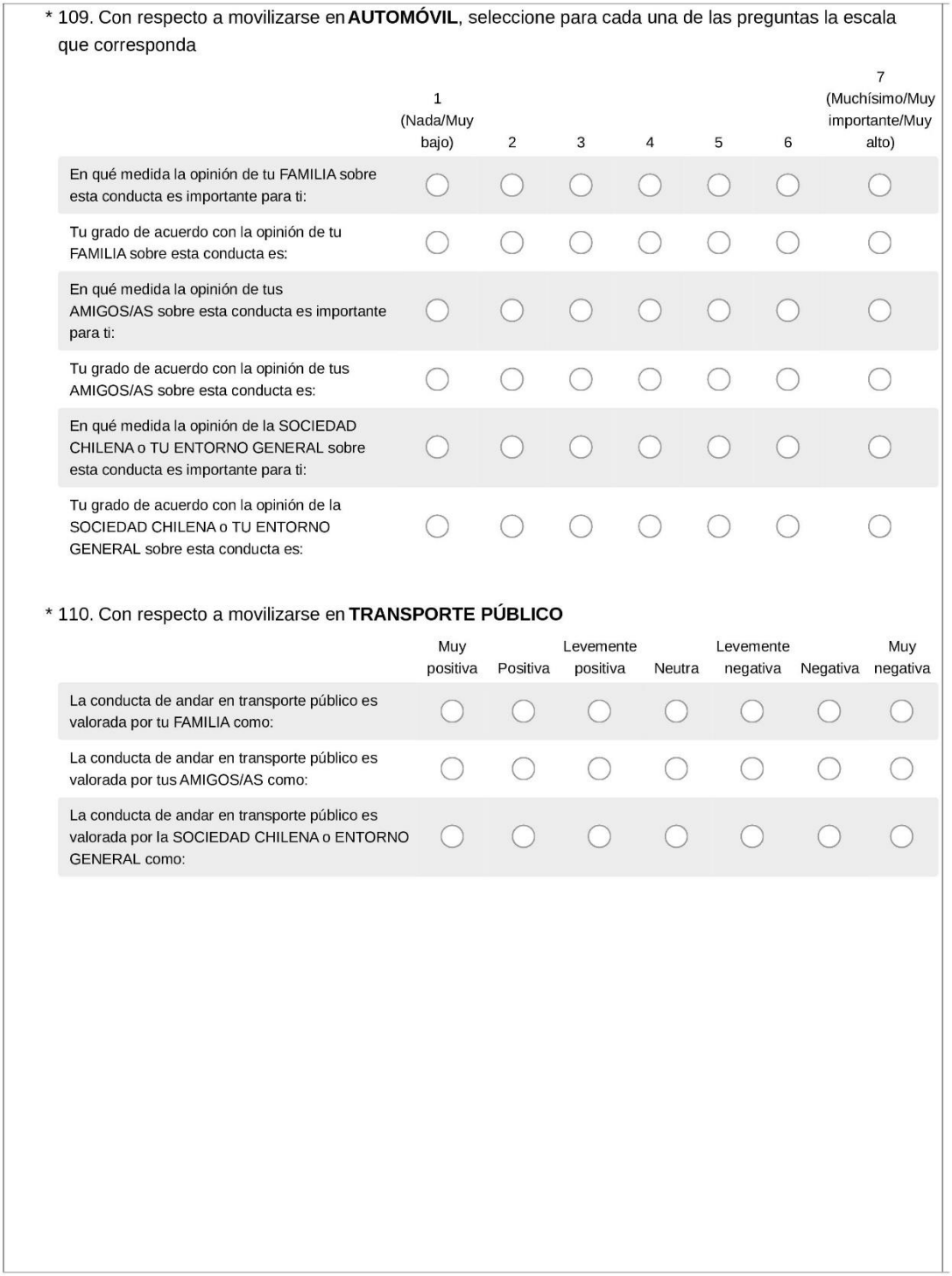
* 107. Con respecto a movilizarse en **BICICLETA**, seleccione para cada una de las preguntas la escala que corresponda

	1 (Nada/Ninguno)	2 (Poco)	3	4 Medio	5	6 (Importante/Alto)	7 (Muy importante/Muy alto)
En qué medida la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○
En qué medida la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○
En qué medida la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○

* 108. Con respecto a movilizarse en **AUTOMÓVIL**

	Muy positiva	Positiva	Levemente positiva	Neutra	Levemente negativa	Negativa	Muy negativa
La conducta de andar en automóvil es valorada por tu FAMILIA como:	○	○	○	○	○	○	○
La conducta de andar en automóvil es valorada por tus AMIGOS/AS como:	○	○	○	○	○	○	○
La conducta de andar en automóvil es valorada por la SOCIEDAD CHILENA o ENTORNO GENERAL como:	○	○	○	○	○	○	○

Figura A.21 Encuesta Movilidad UFRO, parte 21



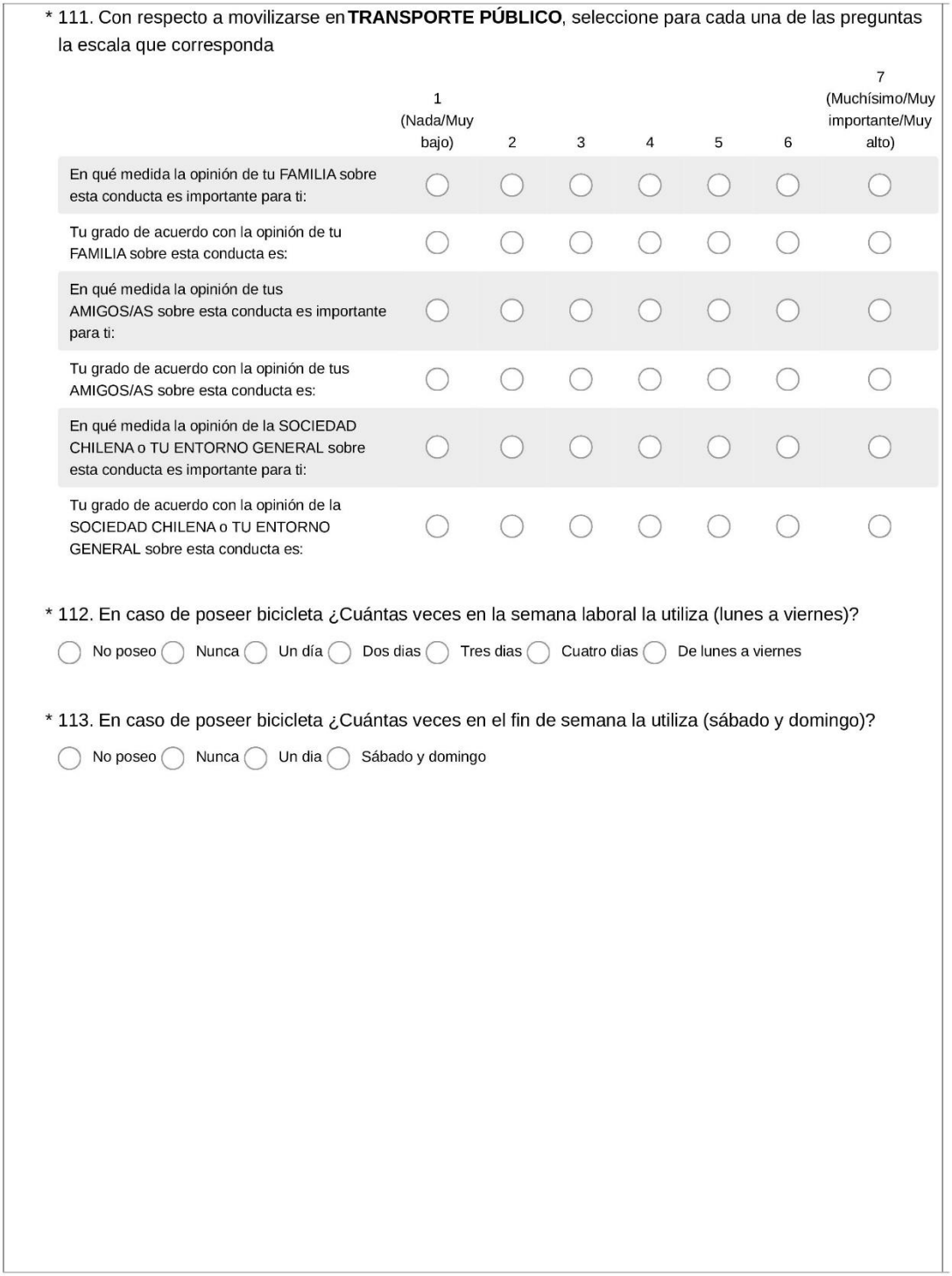
* 109. Con respecto a movilizarse en **AUTOMÓVIL**, seleccione para cada una de las preguntas la escala que corresponda

	1 (Nada/Muy bajo)	2	3	4	5	6	7 (Muchísimo/Muy importante/Muy alto)
En qué medida la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○
En qué medida la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○
En qué medida la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es importante para ti:	○	○	○	○	○	○	○
Tu grado de acuerdo con la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es:	○	○	○	○	○	○	○

* 110. Con respecto a movilizarse en **TRANSPORTE PÚBLICO**

	Muy positiva	Positiva	Levemente positiva	Neutra	Levemente negativa	Negativa	Muy negativa
La conducta de andar en transporte público es valorada por tu FAMILIA como:	○	○	○	○	○	○	○
La conducta de andar en transporte público es valorada por tus AMIGOS/AS como:	○	○	○	○	○	○	○
La conducta de andar en transporte público es valorada por la SOCIEDAD CHILENA o ENTORNO GENERAL como:	○	○	○	○	○	○	○

Figura A.22 Encuesta Movilidad UFRO, parte 22



* 111. Con respecto a movilizarse en **TRANSPORTE PÚBLICO**, seleccione para cada una de las preguntas la escala que corresponda

	1 (Nada/Muy bajo)	2	3	4	5	6	7 (Muchísimo/Muy importante/Muy alto)
En qué medida la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es importante para ti:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Tu grado de acuerdo con la opinión de tu FAMILIA sobre esta conducta es:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
En qué medida la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es importante para ti:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Tu grado de acuerdo con la opinión de tus AMIGOS/AS sobre esta conducta es:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
En qué medida la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es importante para ti:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Tu grado de acuerdo con la opinión de la SOCIEDAD CHILENA o TU ENTORNO GENERAL sobre esta conducta es:	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

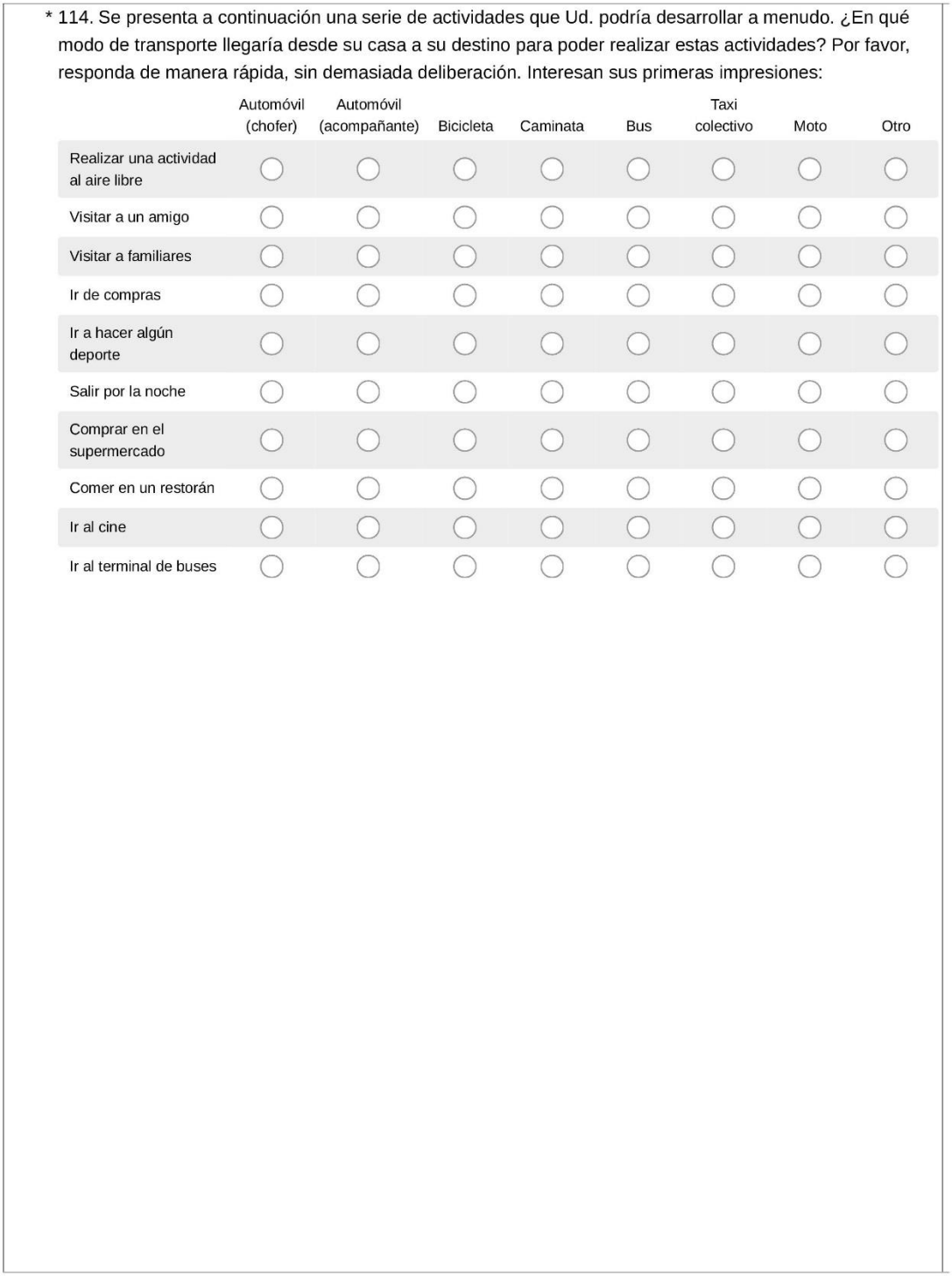
* 112. En caso de poseer bicicleta ¿Cuántas veces en la semana laboral la utiliza (lunes a viernes)?

◯ No poseo ◯ Nunca ◯ Un día ◯ Dos dias ◯ Tres dias ◯ Cuatro dias ◯ De lunes a viernes

* 113. En caso de poseer bicicleta ¿Cuántas veces en el fin de semana la utiliza (sábado y domingo)?

◯ No poseo ◯ Nunca ◯ Un dia ◯ Sábado y domingo

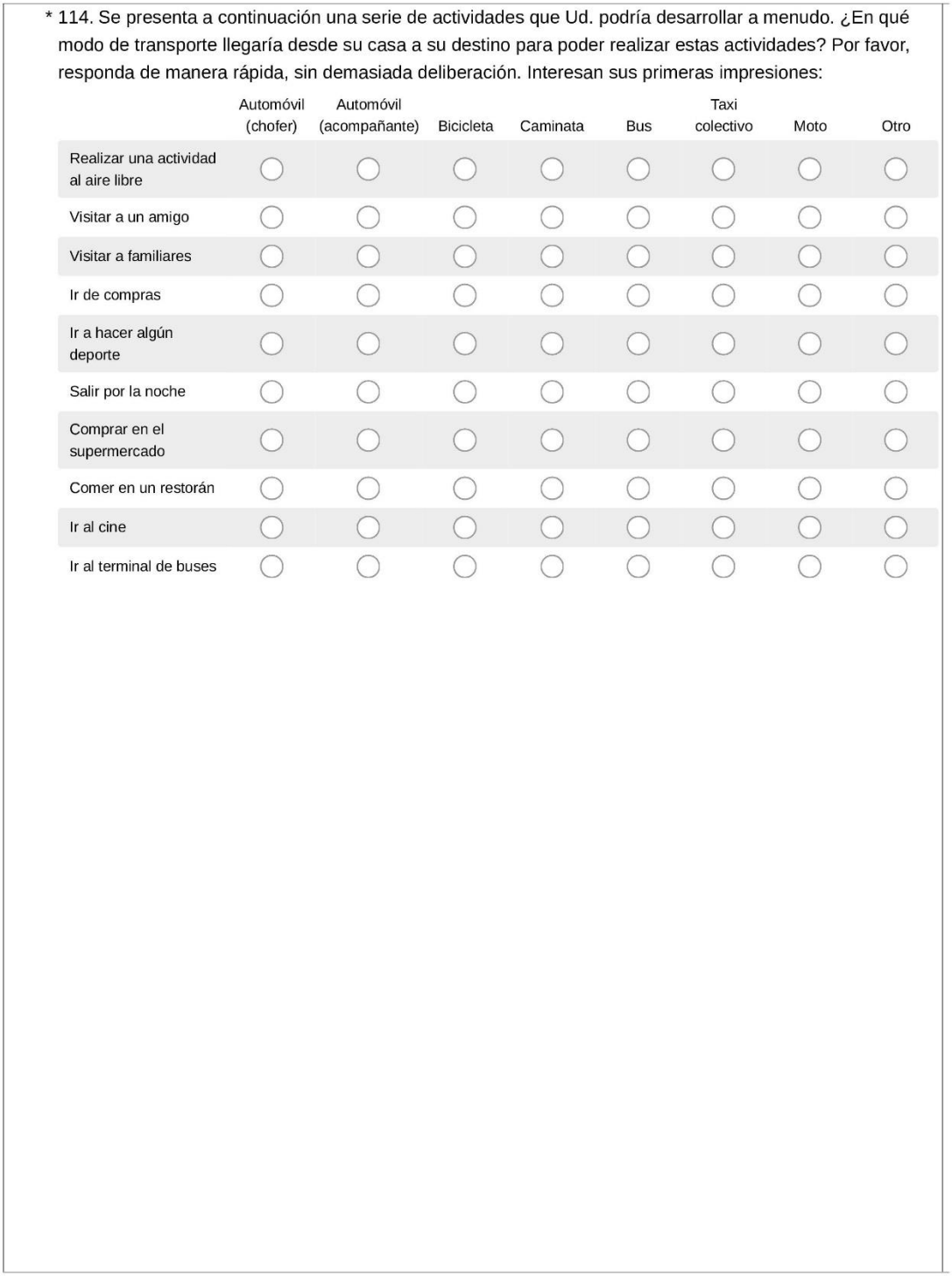
Figura A.23 Encuesta Movilidad UFRO, parte 23



* 114. Se presenta a continuación una serie de actividades que Ud. podría desarrollar a menudo. ¿En qué modo de transporte llegaría desde su casa a su destino para poder realizar estas actividades? Por favor, responda de manera rápida, sin demasiada deliberación. Interesan sus primeras impresiones:

	Automóvil (chofer)	Automóvil (acompañante)	Bicicleta	Caminata	Bus	Taxi colectivo	Moto	Otro
Realizar una actividad al aire libre	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Visitar a un amigo	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Visitar a familiares	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Ir de compras	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Ir a hacer algún deporte	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Salir por la noche	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Comprar en el supermercado	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Comer en un restorán	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Ir al cine	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Ir al terminal de buses	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

Figura A.24 Encuesta Movilidad UFRO, parte 24



* 114. Se presenta a continuación una serie de actividades que Ud. podría desarrollar a menudo. ¿En qué modo de transporte llegaría desde su casa a su destino para poder realizar estas actividades? Por favor, responda de manera rápida, sin demasiada deliberación. Interesan sus primeras impresiones:

	Automóvil (chofer)	Automóvil (acompañante)	Bicicleta	Caminata	Bus	Taxi colectivo	Moto	Otro
Realizar una actividad al aire libre	○	○	○	○	○	○	○	○
Visitar a un amigo	○	○	○	○	○	○	○	○
Visitar a familiares	○	○	○	○	○	○	○	○
Ir de compras	○	○	○	○	○	○	○	○
Ir a hacer algún deporte	○	○	○	○	○	○	○	○
Salir por la noche	○	○	○	○	○	○	○	○
Comprar en el supermercado	○	○	○	○	○	○	○	○
Comer en un restorán	○	○	○	○	○	○	○	○
Ir al cine	○	○	○	○	○	○	○	○
Ir al terminal de buses	○	○	○	○	○	○	○	○

Figura A.25 Encuesta Movilidad UFRO, parte 25

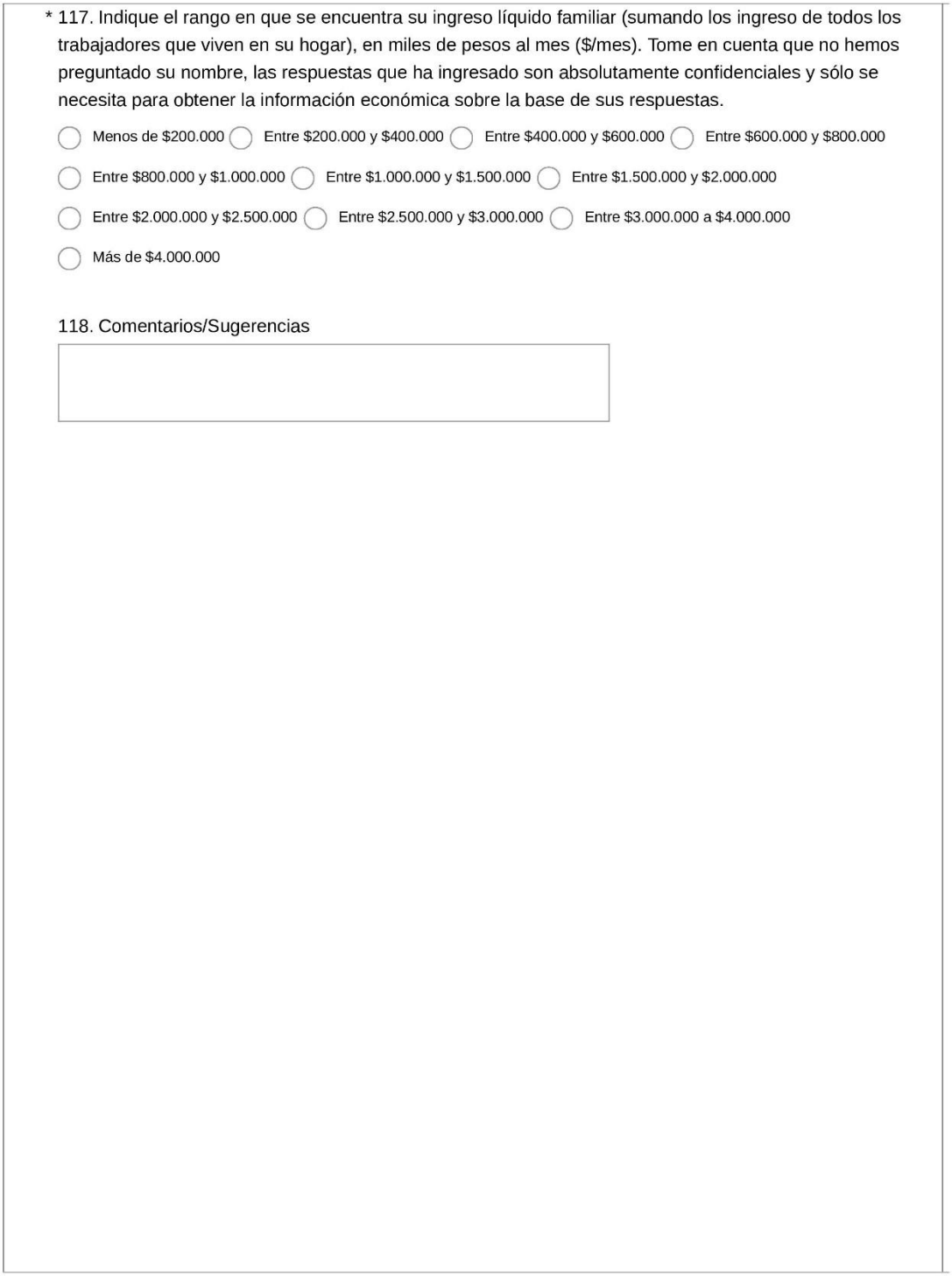


Figura A.26 Encuesta Movilidad UFRO, parte 26