



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas**

Aerovía en el transporte urbano: Caracterización de la  
demanda de la Aerovía como medio de Transporte urbano de  
pasajeros

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Logística y Transporte**

Presentado por:

Dany Luis Maji Yopez

Patrick Adrián Alban Suarez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico, primero a Dios por darme la inteligencia y sabiduría para poder culminar la presente etapa. A mis padres, Rosario y Patrick, por ser mi apoyo incondicional en los momentos en que tenía muchas dudas y me supieron guiar de mejor manera. A mis amigos, Alejandro y María Emilia, los cuales me apoyan y me animan a pesar de la distancia. Sin lugar a duda, a mi compañero de tesis por siempre motivar y trabajar de la mejor manera.  
Patrick Adrián Albán Suárez

El actual proyecto lo dedico en primer lugar a Dios por la vitalidad, fuerza e inteligencia. A mis padres por apoyarme y motivarme a ser mejor persona. A mi compañero de tesis por el compañerismo y compromiso en realidad este proyecto. Al tutor por su paciencia y orientación. A todos los que participaron en la recolección de datos. Por último, un agradecimiento especial a todos los profesores de la carrera que compartieron sus conocimientos y me prepararon con un buen perfil profesional.

Dany Luis Maji Yopez

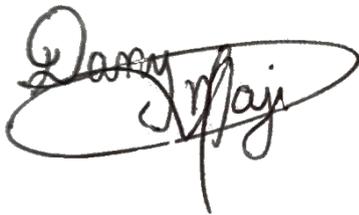
## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a nuestra institución universitaria, la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por darnos los conocimientos necesarios para llegar a esta etapa. A nuestra tutora la M.Sc. Alisson García Herrera, que nos supo guiar y aconsejar para poder llevar a cabo cada etapa del proyecto. A nuestro coordinador de carrera M.Sc. Carlos Ronquillo que nos aconsejó en cada periodo de la vida universitaria. Así también a cada docente que con su dedicación ayudan a formarnos como futuros profesionales.

Finalmente, queremos agradecer al Ing. Guillermo, quien con sus explicaciones y aporte hizo realidad la culminación de este proyecto.

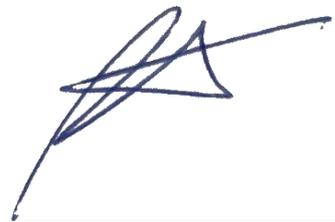
## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Dany Luis Maji Yepez* y *Patrick Adrián Albán Suárez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Dany Luis Maji Yepez



---

Patrick Adrián Albán  
Suárez

# EVALUADORES

.....  
M.Sc. Carlos Ronquillo Franco  
PROFESOR DE LA MATERIA

.....  
M.Sc. Alisson García Herrera  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El 21 de diciembre de 2020 finalizó la construcción de un sistema de transporte masivo aerosuspendido, contribuyendo a la sostenibilidad e integración urbana entre Guayaquil y Durán, reduciendo los tiempos de viajes, aliviando la congestión vehicular y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la Aerovía como transporte público ha presentado problemas debido a la baja demanda de usuarios. Es por ello, que el presente trabajo de titulación pretende caracterizar la demanda de Aerovía, a través de la recolección de datos mediante encuestas y aplicar el modelo Logit Multinomial para conocer que variables influyen en la elección del modo de transporte.

Para cumplir con los objetivos del proyecto, se analizó el estado actual del sistema en base a las características operativas y comportamientos de la demanda, se realizó una encuesta de opinión para recopilar información sobre las características de viajes, determinando los atributos a medir en cada alternativa. Luego se aplicó la metodología de preferencias declaradas con un diseño factorial ortogonal fraccionado, con lo cual, se construyeron cuestionarios de juegos de elección para conocer las preferencias de los usuarios.

La encuesta se aplicó en la estación E05 de Durán y los resultados obtenidos fueron que la variable tiempo de caminata influyen de forma predominante y negativa en la elección del usuario. Así, tiempos de caminata total recorrida más largos serán menos preferidos para la alternativa Aerovía o alimentador + Aerovía.

**Palabras Clave:** Preferencias declaradas, Logit Multinomial, Aerovía, Encuestas, Elección

## **ABSTRACT**

*On December 21, 2020, the construction of an aerosuspended mass transit system was completed, contributing to sustainability and urban integration between Guayaquil and Durán, reducing travel times, relieving vehicular congestion and CO2 emissions. However, the Aerovía as public transportation has presented problems due to low user demand. For this reason, the present work aims to characterize the demand for Aerovía, through the collection of data by means of surveys and the application of the Multinomial Logit model to determine which variables influence the choice of the mode of transport.*

*To meet the objectives of the project, the current state of the system was analyzed based on operational characteristics and demand behavior, an opinion survey was conducted to collect information on travel characteristics, determining the attributes to be measured in each alternative. Then, the stated preference methodology was applied with a fractional orthogonal factorial design, with which choice game questionnaires were constructed to know the preferences of the users.*

*The survey was applied at the E05 station in Durán and the results obtained were that the walking time variable has a predominant and negative influence on the user's choice. Thus, longer total walking times will be less preferred for the alternative Aerovía or feeder + Aerovía.*

**Key words:** *Stated preferences, Multinomial Logit, Airway, Surveys, Choice.*

# ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| EVALUADORES.....                                   | 5    |
| RESUMEN .....                                      | I    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                              | II   |
| ÍNDICE GENERAL .....                               | III  |
| ABREVIATURAS.....                                  | VI   |
| SIMBOLOGÍA.....                                    | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                            | VIII |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                              | X    |
| ÍNDICE DE Ecuaciones.....                          | XIII |
| CAPÍTULO 1 .....                                   | 15   |
| 1.    Introducción.....                            | 15   |
| 1.1    Descripción del problema.....               | 16   |
| 1.2    Justificación del problema.....             | 17   |
| 1.3    Objetivos .....                             | 18   |
| 1.3.1    Objetivo General.....                     | 18   |
| 1.3.2    Objetivos Específicos .....               | 18   |
| 1.4    Marco teórico .....                         | 19   |
| 1.4.1    Marco conceptual .....                    | 19   |
| 1.4.2    El estado del arte.....                   | 26   |
| CAPITULO 2 .....                                   | 30   |
| 2.    Técnicas de investigación .....              | 31   |
| 2.1    DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA FASE I ..... | 31   |
| 2.1.1    Levantamiento de información.....         | 31   |
| 2.1.2    Análisis de información levantada. ....   | 32   |
| 2.1.3    Características de viajes actuales .....  | 34   |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| 2.2              | DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA FASE 2 .....  | 43  |
| 2.2.1            | Atributos y alternativas .....   | 43  |
| 2.2.2            | Diseño Experimental.....   | 49  |
| 2.3              | Recopilación de datos.....   | 63  |
| 2.3.1            | Población y muestra .....  | 63  |
| 2.3.2            | Métodos de recolección de datos para la encuesta PD.....   | 64  |
| 2.3.3            | Instrumento de recolección de datos .....  | 67  |
| 2.4              | Especificación del modelo.....   | 68  |
| 2.5              | Limitaciones de la tesis .....   | 75  |
| 2.6              | Uso de software .....  | 75  |
| 2.6.1            | Actividad 1 .....  | 75  |
| 2.6.2            | Actividad 2 .....  | 76  |
| 2.7              | Cronograma de trabajo .....  | 78  |
| 2.8              | Consideraciones éticas y legales.....  | 79  |
| CAPÍTULO 3 ..... |  | 80  |
| 3.               | Resultados Y ANÁLISIS.....   | 80  |
| 3.1              | Análisis de información recopilada de preferencias declaradas.....   | 80  |
|                  | Resultados de Grupo 1 .....  | 80  |
|                  | Resultados de Grupo 2 .....  | 86  |
| 3.2              | Estimación del modelo Logit Multinomial .....  | 91  |
| 3.2.1            | Resultados de la encuesta del grupo 1: Usuarios que caminan desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán. ....                     | 91  |
| 3.2.2            | Resultados de la encuesta del grupo 2: Usuarios que toman un medio de transporte desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán..... | 98  |
| 3.3              | Probabilidades de elección .....   | 105 |
| 3.3.1            | Probabilidades de elección para grupo de encuestados 1 .....   | 105 |
| 3.3.2            | Probabilidades de elección para grupo de encuestados 2 .....   | 107 |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| 3.4                | Análisis comparativos .....                        | 108 |
| 3.4.1              | Cálculo del Valor Subjetivo del Tiempo (VST) ..... | 108 |
| CAPÍTULO 4 .....   |  | 110 |
| 4.                 | Conclusiones.....                                  | 110 |
|                    | Recomendaciones.....                               | 112 |
| BIBLIOGRAFÍA ..... |  | 113 |
| Apéndices.....     |  | 115 |

## **ABREVIATURAS**

|      |  |
|------|--|
| ATM  | Autoridad de Tránsito Municipal de Guayaquil |
| EMOT | Empresa de Movilidad y Tránsito de Durán     |
| GYE  | Guayaquil                                    |
| MED  | Modelo de elección discreta                  |
| MNL  | Modelo Logit Multinomial                     |
| PD   | Encuesta con Preferencia Declaradas          |
| M.I  | Muy Ilustre                                  |
| MD   | Modelo Desagregado (discreto)                |

## SIMBOLOGÍA

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| N | Población de estudio.            |
| n | Muestra de la población estudio. |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1.4.1 ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 31 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.1 RESULTADOS SOCIODEMOGRÁFICOS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 35 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.2 MOTIVO DE VIAJES DE ENCUESTADOS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 36 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.3 INFORMACIÓN DE VIAJES TRAYECTO DURÁN – GUAYAQUIL. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 37 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.4 MODOS DE TRANSPORTE SUSTITUTOS DE LA AEROVÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.5 SECTORES DE ORIGEN DE LOS DESTINOS MÁS FRECUENTADOS POR USUARIOS DE AEROVÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 39 |
| ILUSTRACIÓN 2.1.6 SECTORES DE DESTINO MÁS FRECUENTADOS POR USUARIOS DE LA AEROVÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 40 |
| ILUSTRACIÓN 2.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL EN RELACIÓN CON LAS VARIABLES INDEPENDIENTES (ATRIBUTOS DE LAS ALTERNATIVAS) PARA LA PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS A LOS USUARIOS DEL GRUPO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] ..... | 51 |
| ILUSTRACIÓN 2.2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL EN RELACIÓN CON LAS VARIABLES INDEPENDIENTES (ATRIBUTOS DE LAS ALTERNATIVAS) PARA LA PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS A LOS USUARIOS DEL GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] ..... | 58 |
| ILUSTRACIÓN 2.2.7 DISEÑO FACTORIAL PARA EL CUESTIONARIO 2 DE PREFERENCIA DECLARADAS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 59 |
| ILUSTRACIÓN 2.3.1 GRAFICO DE USUARIOS DE AEROVÍA POR ESTACIÓN Y POR DÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 65 |
| ILUSTRACIÓN 2.3.2 PROMEDIO DE USUARIOS POR DÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] ..  | 66 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.1 MODO DE TRANSPORTE SELECCIONADO Y SUS CARACTERÍSTICAS GRUPO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 80 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.2 GRAFICO DE BARRAS APILADAS DE ELECCIÓN Y MOTIVO DE VIAJE. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 82 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.3 GRAFICO DE BARRAS APILADAS DE ELECCIÓN Y EDAD. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 84 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.4 GRAFICO DE BARRAS APILADAS DE ELECCIÓN E INGRESOS MENSUAL DEL HOGAR. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 85 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.5 MODO DE TRANSPORTE SELECCIONADO Y SUS CARACTERÍSTICAS GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 86 |
| ILUSTRACIÓN 3.1.6 GRAFICO DE BARRAS APILADAS DE ELECCIÓN Y EDAD. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 88 |

ILUSTRACIÓN 3.1.7 GRAFICO DE BARRAS APILADAS DE ELECCIÓN E INGRESOS MENSUAL  
DEL HOGAR. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....89

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| TABLA 1.4.1 CLASIFICACIÓN DE MEDIDAS DE ACUERDO CON EL BAJO O ALTA VOLUNTAD DE USO. [FUENTE: AWAD-NÚÑEZ ET AL., 2021].....  | 27 |
| TABLA 2.1.1 INFORMACIÓN RELEVANTE DE LA ENTREVISTA AL ADMINISTRADOR DE AEROVÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 32 |
| TABLA 2.1.2 INFORMACIÓN RECOPIADA DE VIAJES REALIZADOS EN LOS MESES COMPENDIDOS ENTRE ENERO 2021 – OCTUBRE 2021. [PÁGINA OFICIAL DE ATM; REPORTE DE VIAJES REALIZADOS EN AEROVÍA] ..... | 33 |
| TABLA 2.1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE DEMANDA AEROVÍA. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]   | 34 |
| TABLA 2.1.4 TOP 5 SECTORES ORIGEN DE VIAJE. [ FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 39 |
| TABLA 2.1.5 TOP 5 SECTORES DESTINO DE VIAJES. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 40 |
| TABLA 2.1.6 DATOS GEOGRÁFICOS DE 5 DESTINOS MÁS FRECUENTADOS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 41 |
| TABLA 2.1.7 UBICACIÓN DEL CENTROIDE ENTRE TOP 5 DE SECTORES DE DESTINO DE VIAJE. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 41 |
| TABLA 2.1.8 ORIGEN Y DESTINO PARA EL CUESTIONARIO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 42 |
| TABLA 2.1.9 ORIGEN – DESTINO PARA EL CUESTIONARIO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 43 |
| TABLA 2.2.1 CUADRO DE OPERACIÓN DE ATRIBUTOS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 44 |
| TABLA 2.2.2 FACTORES (ATRIBUTOS) QUE SE INVOLUCRAN EN CADA OPCIÓN [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....   | 45 |
| TABLA 2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE CADA ATRIBUTO PARA LA COMBINACIÓN CAMINO - AEROVÍA – CAMINO. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 47 |
| TABLA 2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE CADA ATRIBUTO PARA LA COMBINACIÓN CAMINO – BUS - AEROVÍA – CAMINO. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....                                       | 48 |
| TABLA 2.2.5 DISEÑO FACTORIAL PARA EL CUESTIONARIO 1 DE PREFERENCIA DECLARADAS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 52 |
| TABLA 2.2.6 REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DEL DISEÑO FACTORIAL DEL CUESTIONARIO 1 DE PREFERENCIA DECLARADAS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 53 |
| TABLA 2.2.7 EFECTOS EN EL DISEÑO FACTORIAL COMPLETO DEL CUESTIONARIO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 54 |
| TABLA 2.2.8 DISEÑO FACTORIAL FRACCIONADO DEL CUESTIONARIO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 56 |
| TABLA 2.2.9 REPRESENTACIÓN NUMÉRICA DEL DISEÑO FACTORIAL DEL CUESTIONARIO 2 DE PREFERENCIA DECLARADAS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 60 |

|  |     |
|--|-----|
| TABLA 2.2.10 EFECTOS EN EL DISEÑO FACTORIAL COMPLETO DEL CUESTIONARIO 2.<br>[FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....                 | 61  |
| TABLA 2.2.11 DISEÑO FACTORIAL FRACCIONADO DEL CUESTIONARIO 2. [FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA].....                             | 62  |
| TABLA 2.7.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....   | 78  |
| TABLA 3.1.1 TABLA DE CONTINGENCIA Y PRUEBA CHI-CUADRADO ENTRE ELECCIÓN Y<br>MOTIVO DE VIAJE. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]..... | 82  |
| TABLA 3.1.2 TABLA DE CONTINGENCIA Y PRUEBA CHI-CUADRADO ENTRE ELECCIÓN Y EDAD.<br>[FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....           | 83  |
| TABLA 3.1.3 TABLA DE CONTINGENCIA ENTRE ELECCIÓN Y EDAD. [FUENTE: ELABORACIÓN<br>PROPIA].....                                  | 84  |
| TABLA 3.1.4 TABLA DE CONTINGENCIA Y PRUEBA CHI-CUADRADO ENTRE ELECCIÓN Y EDAD.<br>[FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....           | 87  |
| TABLA 3.1.5 TABLA DE CONTINGENCIA ENTRE ELECCIÓN Y INGRESO MENSUAL DE HOGAR.<br>[FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....             | 88  |
| TABLA 3.2.1 : RESULTADOS DEL MODELO 1 CON VALORES BETAS GENERALES. [FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA].....                        | 91  |
| TABLA 3.2.2 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 92  |
| TABLA 3.2.3 RESULTADOS DEL MODELO 2 CON BETAS DE VARIABLES DE TRANSPORTE.<br>[FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....                | 92  |
| TABLA 3.2.4 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 93  |
| TABLA 3.2.5 RESULTADOS DEL MODELO 3 CON VARIABLES DE TRANSPORTE Y<br>SOCIODEMOGRÁFICAS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....     | 95  |
| TABLA 3.2.6 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 3. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....  | 97  |
| TABLA 3.2.7 COMPARACIÓN DE MODELOS DEL GRUPO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]<br>.....  | 98  |
| TABLA 3.2.8 RESULTADO DEL MODELO 1 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA] .....   | 98  |
| TABLA 3.2.9 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 1 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]<br>.....                                       | 99  |
| TABLA 3.2.10 RESULTADOS DEL MODELO 2 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....  | 99  |
| TABLA 3.2.11 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 2 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]<br>.....                                      | 100 |
| TABLA 3.2.12 RESULTADOS DE BETAS DEL MODELO 3 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN<br>PROPIA].....                                    | 102 |
| TABLA 3.2.13 TEST ESTADÍSTICO DEL MODELO 3 GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]<br>.....                                      | 103 |
| TABLA 3.2.14 COMPARACIÓN DE MODELOS DEL GRUPO 2. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]<br>.....   | 104 |

|  |     |
|--|-----|
| TABLA 3.3.1 TABLA DE PROBABILIDADES DEL GRUPO DE ENCUESTADOS 1. [FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA].....                           | 105 |
| TABLA 3.3.2 TABLA DE PROBABILIDADES OBTENIDAS DEL MODELO SELECCIONADO PARA EL<br>GRUPO 1. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA].....    | 106 |
| TABLA 3.3.3 TABLA DE PROBABILIDAD DE USO DE CADA MODO TRANSPORTE DE LOS<br>USUARIOS LEJANOS. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]..... | 107 |
| TABLA 3.3.4 PROBABILIDADES OBTENIDAS CON EL MODELO 3 DEL GRUPO 2. [FUENTE:<br>ELABORACIÓN PROPIA].....                         | 107 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|             |     |
|-------------|-----|
| (1.1) ..... | 20  |
| (1.2) ..... | 21  |
| (1.3) ..... | 23  |
| (1.4) ..... | 24  |
| (1.5) ..... | 24  |
| (1.6) ..... | 25  |
| (1.7) ..... | 25  |
| (2.1) ..... | 40  |
| (2.2) ..... | 41  |
| (2.3) ..... | 54  |
| (2.4) ..... | 61  |
| (2.5) ..... | 64  |
| (2.6) ..... | 71  |
| (2.7) ..... | 71  |
| (2.8) ..... | 71  |
| (2.9) ..... | 71  |
| (2.10)..... | 71  |
| (2.11)..... | 71  |
| (2.12)..... | 72  |
| (2.13)..... | 72  |
| (2.14)..... | 72  |
| (2.15)..... | 73  |
| (2.16)..... | 73  |
| (2.17)..... | 73  |
| (2.18)..... | 74  |
| (2.19)..... | 74  |
| (2.20)..... | 74  |
| (2.21)..... | 74  |
| (2.22)..... | 74  |
| (2.23)..... | 74  |
| (3.1) ..... | 94  |
| (3.2) ..... | 97  |
| (3.3) ..... | 100 |
| (3.4) ..... | 104 |
| (3.5) ..... | 108 |
| (3.6) ..... | 108 |
| (3.7) ..... | 108 |

|             |     |
|-------------|-----|
| (3.8) ..... | 109 |
| (3.9) ..... | 109 |
| (3.10)..... | 109 |

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El tránsito masivo urbano es una de las mayores preocupaciones para el futuro de las zonas urbanas, especialmente en América Latina. Por ello, se busca ampliar la cobertura de los sistemas de transporte público, implementando tecnologías que permitan el acceso a escuelas, lugares de trabajos y hospitales, entre otros. Se busca de este modo, reducir los tiempos de viaje, aliviando la congestión del tráfico vehicular y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Después de la exitosa implementación del Metrocable en Medellín, Colombia, en 2004, otras ciudades latinoamericanas han desarrollado proyectos que buscan incorporar teleféricos a su red de transporte público. De manera que, investigadores, consultores y políticos han asumido que estos proyectos públicos son la solución apropiada para ciudades similares. Sin embargo, adecuar los proyectos a una ciudad específica es un desafío difícil. Esto se debe a la deficiente capacidad técnica y financiera de las instituciones de transporte, la escasa información sobre el comportamiento de la demanda de viajes durante la etapa de planificación, la existencia de rutas operativas con cierto grado de informalidad y escaso compromiso político (Bocarejo et al., 2014).

En 2015 la alcaldía de Guayaquil y el entonces alcalde Jaime Nebot propusieron la creación de un sistema de transporte tipo teleférico, con cabinas que se desplazan a través de cables suspendidos en grandes postes. Este proyecto implicaba la implementación de un sistema de transporte masivo que contribuya a la sostenibilidad e integración urbana entre Guayaquil y Durán. Se concluyó su construcción el 21 de diciembre 2020. Ahora bien, hasta la actualidad, presenta un flujo de usuarios inferior al pronosticado. Se presupone que el resto de los potenciales usuarios se encuentran repartidos entre las competencias de la Aerovía, que incluyen el transporte formal (buses Inter intraprovinciales) e informal (los denominados taxirutas).

## 1.1 Descripción del problema

Actualmente, la Aerovía es administrada por el CONSORCIO AEROSUSPENDIDO de Guayaquil y está regulada por la M.I. Municipalidad de Guayaquil. No obstante, la Aerovía como medio de transporte público ha presentado problemas con la baja aceptación en el cumplimiento de la demanda pronosticada. La Agencia de Tránsito Municipal (ATM) estimaba que el nuevo sistema movilizaría hasta 40.000 pasajeros por día. Ahora bien, este número se redujo hasta 20.000, debido a las medidas preventivas impuestas por el gobierno nacional ante los contagios del COVID-19. La Aerovía cuenta con 154 cabinas con capacidad para diez pasajeros, pero por las restricciones de aforo pueden ingresar cinco o seis usuarios por cabina.

En cuanto a la demanda de Aerovía, a partir de los reportes mensuales de vidas transportadas en el sistema aerosuspendido que se encuentran publicados en la página oficial de la ATM, se pudo calcular el promedio diario desde la inauguración de Aerovía el 21 de diciembre del 2020 hasta agosto 2021. Según este cálculo, se ha captado en promedio 9.000 usuarios por día, lo que representa el 22,5% de la capacidad diaria total que puede transportar Aerovía (40.000 pasajeros/día). Por ende, la empresa que gestiona Aerovía ha sufrido problemas económicos. (Agencia de Tránsito Municipal, 2021).

Hoy en día la Aerovía es usada solo él un 22,5% de su capacidad. Si bien los datos reflejan picos altos hasta de 10.000 pasajeros/día en los fines de semana y días feriados, esto genera la perspectiva de la Aerovía como un atractivo turístico y no como un sistema masivo de transporte urbano.

## **1.2 Justificación del problema**

Hoy en día, los ciudadanos de la ciudad de Guayaquil y Durán pueden atender parte de sus necesidades de movilidad cotidiana usando diversos medios de transporte formal e informal. Estos medios de transporte brindan oportunidades al usuario de elegir la manera de transportarse desde dentro de la ciudad de Guayaquil hasta zonas aledañas como lo son Durán y Samborondón. Además, presentan variedad de precio.

Los administradores del CONSORCIO AEROVÍA confiesan que el sistema de transporte masivo aerosuspendido no ha tenido el flujo de usuarios esperado. Por ese motivo, se propone la formulación de una encuesta con el diseño de preferencias declaradas, que identifique los factores que se consideran al momento de elegir a la Aerovía como medio de transporte sobre los existentes. El motivo de esto es conocer las posibles razones por las que los ciudadanos de Durán y Guayaquil no usan el sistema de transporte publico Aerovía.

Además, a partir del resultado del análisis es posible generar recomendaciones y propuestas para la toma de decisiones frente a la problemática. De este modo, se busca mejorar la captación de demanda y por ende aumentar de flujo de pasajeros.

Cabe destacar que la Aerovía surge como un sistema de transporte complementario a los existentes, vinculado a un sistema de transporte masivo multimodal (por cable y bus de alimentador). Esta propuesta partió de la identificación de aquellos sectores de la ciudad de Guayaquil que presentan un mayor índice de conflicto en cuanto a circulación vehicular se refiere. Estos sectores constituyen una serie carga para la red vial, en particular el puente de la Unidad Nacional, que reúne la presencia del tráfico proveniente de Samborondón y Durán.

### **1.3 Objetivos**

En esta sección se presenta los objetivos que delimitan el presente proyecto. El objetivo general da una visión clara sobre lo que se realizó y los objetivos específicos detallan las acciones que se realizaron para solventar la problemática.

#### **1.3.1 Objetivo General**

Caracterizar la demanda del sistema de transporte Aerovía como medio de transporte urbano de pasajeros, mediante encuestas de preferencias declaradas para el análisis de los factores más ponderados por los usuarios al momento de elegir este modo de transporte.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Analizar la demanda actual de la Aerovía, mediante el uso de la herramienta Microsoft POWER BI, para la construcción de informes visuales interactivos con datos estadísticos descriptivos sobre la situación actual del sistema.
2. Diseñar una encuesta, mediante técnicas de preferencias declaradas, que permita la delimitación de los factores que el usuario toma en consideración en la elección de un modo de transporte con respecto a otros.
3. Aplicar la encuesta a usuarios de la Aerovía, mediante trabajo de campo, para la recolección de datos y su análisis respectivo.
4. Evaluar los resultados de la encuesta, mediante la tabulación de los datos de las respuestas de los encuestados, para la estimación de un modelo de elección discreta Logit Multinomial.
5. Aplicar el modelo Logit Multinomial a través de un software PYTHON usando la librería BIOGEME para la estimación de los valores de los parámetros de cada atributo.
6. Evaluar los resultados obtenidos, mediante el modelo Logit Multinomial, para el desarrollo de recomendaciones y políticas vinculadas a los atributos que más valoran los usuarios de Aerovía.

## **1.4 Marco teórico**

En la presente sección se detalla conceptos relevantes que se aplicaron para entender de mejor manera la metodología del proyecto y el estado del arte, por medio del análisis de investigaciones relacionadas al presente proyecto.

### **1.4.1 Marco conceptual**

En la siguiente sección, se revisa rápidamente algunos conceptos que fueron de gran utilidad para la comprensión y desarrollo de esta tesis.

- **Transporte multimodal**

El transporte multimodal se entiende como la movilización de mercadería o pasajeros mediante dos o más medios de transportes (marítimo, fluvial, aéreo, terrestre) a nivel internacional o nacional en el cual interviene un contrato o un elemento jurídico que vincule el emisor y el receptor (Barrios, 2017).

- **Encuesta de preferencia declaradas**

Las encuestas de Preferencias Declaradas (PD) son un tipo cuasiexperimental basado en situaciones hipotéticas establecidas por el investigador y constituyen una aproximación de un experimento controlado. Lo que distingue fundamentalmente a las encuestas de preferencias reveladas (PR) y preferencias declaradas (PD), según la postura de Ortuzar (2008, p. 158) es que en este último caso se pregunta a los individuos sobre lo que ellos elegirían (o cómo jerarquizarían o puntuarían ciertas opciones) en una o más situaciones hipotéticas.

Con la necesidad de asegurar que las respuestas dadas por los individuos sean realistas, el mismo autor define las diferentes etapas de construcción de cuestionario de PD:

1. Identificación de los atributos clave de cada alternativa y construcción de las opciones que pueden elegir. Todos los atributos esenciales deben estar presentes y las opciones deben ser plausibles y realistas.
2. Diseñar cómo se presentan las opciones a los encuestados y cómo pueden expresar sus preferencias. La presentación de alternativas debe ser fácil de entender y estar ubicada en el contexto de las experiencias y dificultades de los encuestados.
3. Desarrollo de una estrategia de muestreo que asegure un conjunto de datos rico y representativo.
4. Llevar a cabo la encuesta de manera adecuada, incluidos los procedimientos para monitorear y asegurar la calidad de los resultados.
5. Las respuestas de los individuos son analizadas para obtener medidas cuantitativas de la importancia relativa de cada atributo. En muchos casos se pueden estimar modelos de elección como parte de este análisis, como por ejemplo el uso del Modelo Logit Multinomial.

- **Modelo logit multinomial (MNL)**

El MNL es el modelo de elección discreta más simple y popular; en dicho modelo asume que los valores desconocidos  $\varepsilon_{jq}$  se distribuyen de manera idéntica e independiente (IID) con una función Gumbel (Domencich y McFadden, 1975) con media 0 y varianza  $\sigma^2$ , de forma que la probabilidad que el individuo  $q$  elija la  $i$  –ésima alternativa formulada en la ecuación 1.1:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta V_{iq})}{\sum_{A_j \in A(q)} \exp(\beta V_{iq})} \quad (1.1)$$

Donde  $V_{iq}$  es normalmente una función lineal en sus parámetros ( $\theta$ ) y  $\beta$  es inestimable por separado, por ende, debe ser normalizado y además está ligado a la desviación estándar común de la variable Gumbel mediante la siguiente relación 1.2.

$$\beta = \frac{\pi^2}{6\sigma^2} \quad (1.2)$$

Ventajas del modelo de elección discreta Logit Multinomial.

El Modelo Logit es simple y potente a la vez. Permite:

- Predecir comportamiento ante cambios en el sistema de transporte.
- Determinar “el valor del tiempo”, parámetro clave en la evaluación social de proyectos de transporte.

Sin embargo, presenta algunas limitaciones.

Limitaciones del modelo de elección discreta Logit Multinomial.

- No permite correlación entre alternativas.
- No permite variabilidad en los gustos.

- **Sistema de transporte masivo**

De acuerdo con el Decreto Único Reglamentario 1079 de 2015 Nivel Nacional (2015), el transporte masivo se define como “el servicio que se presta a través de una combinación organizada de infraestructura y equipos, en un sistema que cubre un alto volumen de pasajeros y da respuesta a un porcentaje significativo de necesidades de movilización” (pág. 2).

- **Modelo de elección discreta.**

De manera concreta, los métodos de modelización de elecciones discretas estudian la elección de una alternativa de transporte de los individuos frente a un conjunto finito de posibilidades. En otras palabras, los modelos de elección discreta permiten determinar “La probabilidad de que los individuos elijan una determinada alternativa en función de sus características socioeconómicas y de la relativa atractividad de la alternativa” (Ortúzar & Willumsen, 2008, p.329).

- **Atributos y alternativas**

Identificar y elegir alternativas con sus atributos para luego presentárselas a los encuestados

“Un experimento de preferencias declaradas tiene como uno de sus elementos principales la construcción de un conjunto de alternativas u opciones hipotéticas (aunque realistas), que pueden ser definidas como alternativas tecnológicamente factibles (viables)” (Ortúzar & Willumsen, 2008, p.158).

- **Población**

En el libro Probabilidad y Estadística, Zurita Herrera (2010, p. 2) define a una población objetivo como un conjunto bien definido de  $N$  entes que manifiestan características similares y que son de interés para el investigador.

Dentro de las poblaciones estadísticas fundamentalmente se distinguen dos tipos. Una población estadística finita, cuando se conoce el número de elementos a ser considerados para la investigación, y en caso contrario si el número de elementos para el estudio es un número grande y desconocido, estadísticamente se asume como una población infinita.

- **Muestra**

Zurita (2010, p. 3) define como muestra a un subconjunto de  $n$  observaciones realizadas en el mismo número de unidades de estudio de la población objetivo, y este subconjunto refleja las características de la población.

- **Test de razón de verosimilitud**

El test de razón de verosimilitud considera una hipótesis nula  $H_0$  que es expresada como restricciones sobre los valores de los distintos parámetros. Donde se plantean las siguientes hipótesis:

$$\begin{aligned}H_0 &= \text{Los modelos son equivalentes} \\H_1 &= \text{Los modelos no son equivalentes}\end{aligned}$$

La hipótesis nula muestra que los modelos no difieren del para las variables analizadas. Mientras que la hipótesis alternativa demuestra que existe una diferencia estadística entre los modelos analizados. En base a estas especificaciones se determina la razón de probabilidad, según Train (2003) con la siguiente expresión:

$$LR = -2(\mathcal{L}(\beta_r) - \mathcal{L}(\beta_g)) \quad (1.3)$$

Sea  $\beta_r$  el valor máximo de la función de verosimilitud restringido y  $\beta_g$  el valor máximo de restricción de la función de verosimilitud no restringida. Este estadístico se distribuye asintóticamente al chi cuadrado con  $r$  grados de libertad, donde  $r$  representa la restad e los parámetros estimados del modelo sin restringir y los parámetros estimados del modelo no restringido (Ortuzar, 2012). Un modelo restringido se refiere al modelo inicial, mientras que el modelo no restringido representa el modelo con las variables recién agregadas.

Teniendo en cuenta que el logaritmo de verosimilitud, si este valor resultante de la ecuación supera el valor crítico de chi cuadrada, la hipótesis nula se rechaza y se acepta que modelo no restringido es el modelo con la mejor especificación (Train, 2003).

### **Índices $\rho^2$ de razón de verosimilitud**

Aunque en estos modelos MNL no es posible construir un indicador como el  $R^2$ , se tiene un indicador que varía entre 0 (sin ajustar) y 1 (perfectamente ajustado), por ello  $\rho^2$  se define como un estadístico comparativo que permite evaluar el comportamiento de un modelo con parámetros estimados frente a otro modelo. Para realizar la comparación se utiliza log-verosimilitud definida por:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\mathcal{L}(\hat{\beta})}{\mathcal{L}(0)} \quad (1.4)$$

Donde  $\mathcal{L}(\hat{\beta})$  asume el valor de log – verosimilitud y  $\mathcal{L}(0)$  es el valor cuando los parámetros son ceros.

### **Teoría de utilidad sistemática**

La función de utilidad para el modo de transporte se puede formar a partir de la suma ponderada de un conjunto de atributos de elección. La utilidad de un modo de transporte se puede expresar como:

$$U_x = \sum a_i X_i \quad (1.5)$$

Donde,

$U_x$  = Utilidad del modo x.

$X_i$  = Valor del atributo de la alternativa (tiempo, costo, etc).

$a_i$  = Valor del coeficiente para los atributos i.

## Valor Subjetivo del tiempo (VST)

Según (Ortúzar, 2012), es necesario aprovechar los resultados de los modelos logit, ya que, a través de ellos, especialmente con los parámetros de estimación de las funciones de utilidad se puede estimar cuánto está dispuesta a pagar una persona para llegar a su destino en menos tiempo.

A continuación, VST se define como la relación marginal entre el tiempo percibido por el usuario  $t_i$  (en vehículo, caminando, de espera) y los costes  $C_i$  de viajar, dando lugar a la siguiente expresión:

$$VST = -\frac{dC_i}{dt_i}\bigg|_v = \frac{\frac{\partial V_i}{\partial t_i}}{\frac{\partial V_i}{\partial C_i}} \quad (1.6)$$

A partir de la ecuación (1.7) se obtiene:

$$VST = \frac{\beta_{t_i}}{\beta_{C_i}} \quad (1.7)$$

## **1.4.2 El estado del arte**

A continuación, se dará a conocer artículos que están relacionados con el presente proyecto.

### **1.4.2.1 Estudio sobre el método de aplicación de la encuesta de viajes de preferencias declaradas.**

En 2014, según sintetiza Verzosa et al. (2021), una empresa de investigación de mercado de renombre internacional llevó a cabo una encuesta a 17.510 participantes de 24 países para evaluar las preferencias declaradas por diferentes métodos de encuestas de viajes. Tras una evaluación de cómo varían las preferencias según el país y el método, las respuestas del estudio se centran en cinco de estos 24 países con encuestas de viajes de hogares de larga data: Australia, EEUU, Francia, Alemania y Japón. Los resultados sugieren que, para un método de encuesta dado, la disposición a participar en encuestas de viajes varía entre países y dentro de cada grupo de encuestados (clasificados por sus características sociodemográficas).

En términos de características sociodemográficas los encuestados más jóvenes indican una mayor disposición a participar en encuestas de viajes independientemente del método, mientras que las mujeres son más propensas a preferir métodos basados en diarios que métodos basados en dispositivos móviles. Los encuestados también parecen compensar el esfuerzo de completar encuestas de viajes utilizando métodos tradicionales frente a preocupaciones de privacidad con métodos basados en dispositivos móviles. Los resultados sugieren que no existe una metodología única para las encuestas de viajes, y los diseñadores deben considerar cuidadosamente las diferencias sociodemográficas y culturales (Verzosa et al., 2021).

La importancia de la presente investigación radica en la elección del método de recolección de datos, puesto que basándose en los resultados del estudio Verzosa (2021). Los encuestados compensan el esfuerzo de completar encuestas de viajes utilizando métodos tradicionales (Cuestionario impresos y entrevistas) frente a preocupaciones de privacidad con métodos basados en dispositivos móviles, por ende, la recolección de datos en este proyecto se usa cuestionarios impresos.

### 1.4.2.2 Atributos que generan mayor voluntad de uso en la elección de un medio de transporte en tiempos Post-Covid19

Un estudio realizado en España (2021) exploró el impacto de la pandemia en los comportamientos de viaje después del COVID-19. Para el proceso de recopilación de datos, se elaboró una encuesta la cual se ejecutó en el periodo final de la primavera de 2020 para verificar si existió algún cambio en el comportamiento de los viajes.

La encuesta combinó: preferencias reveladas (frecuencia de viajes de acuerdo con el motivo, aceptabilidad de posibles cambios como cambios de rutas u horarios, hábitos de las personas) y preferencias declaradas (atributos con relación a la movilidad de las personas, cualidades sociodemográficas) de los individuos encuestados.

Según los análisis generados después de la recopilación de datos, la disposición general a utilizar los distintos modos de transporte en el periodo posterior a COVID-19 es muy variable. El conjunto de medidas que ayudarían a los encuestados a aceptar o no utilizar cada modo de transporte tras el periodo de cierre se denota en la tabla 1.4.1 (Awad-Núñez et al., 2021).

En ella se muestran las medidas que generan mayor voluntad de uso en el usuario al momento de decidir por un medio de transporte.

**Tabla 1.4.1 Clasificación de medidas de acuerdo con el bajo o alta voluntad de uso. [Fuente: Awad-Núñez et al., 2021]**

| <b>Medio de Transporte</b> | <b>Alto efecto sobre la Voluntad de uso</b>   | <b>Bajo efecto sobre la Voluntad de uso</b>   |
|----------------------------|---|---|
| <i>Transporte Público</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Aumentar la frecuencia del servicio para evitar aglomeraciones.</li> <li>•Limpieza intensiva del vehículo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Entrega gratuita de mascarillas, guantes o geles hidroalcohólicos con cada uso.</li> <li>•Si sólo se certifica el uso del servicio a las personas que no contraen/son positivas al COVID-19</li> </ul>                                    |
| <i>Compartir Coche</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Saneamiento intensivo de los vehículos</li> <li>•Cubiertas del volante</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Aumento de la oferta para evitar aglomeraciones</li> <li>•Máscaras, guantes o geles hidroalcohólicos gratuitos con cada uso</li> <li>•Si sólo se certifica el uso del servicio a los que no contraen/son positivos al COVID-19</li> </ul> |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <i>Compartir<br/>Bicicleta / Scotter</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máscaras, guantes o geles hidroalcohólicos gratuitos con cada uso</li> <li>• Fundas para el manubrio</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si sólo se certifica el uso de los que no contraen/son positivos a COVID-19.</li> </ul>             |
| <i>Taxi / Transporte<br/>Compartido</i>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la oferta para evitar la aglomeración</li> <li>• Máscaras, guantes o geles hidroalcohólicos gratuitos con cada uso</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si sólo se certifica el uso del servicio a quienes no contraen/son positivos al COVID-19</li> </ul> |
| <i>Ciclomotor Scotter</i>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máscaras, guantes, geles hidroalcohólicos y gorros quirúrgicos gratuitos para evitar el contacto directo con los cascos que se proporcionan con cada uso</li> <li>• Fundas para el manillar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si sólo se certifica el uso del servicio a quienes no contraen/son positivos al COVID-19</li> </ul> |

La investigación realizada por Awar-Núñez et al (2021), permite tener un indicio con respecto a las acciones que deben tomar las autoridades del transporte público, para aumentar la voluntad de uso en periodo de post pandemia, puesto que los resultados obtenidos de la investigación hecha en España mostraron que los dos atributos que más valoraron los usuarios dentro del transporte público se basan en aumentar la frecuencia del servicio para evitar aglomeraciones y en la limpieza de los vehículos. Entonces con relación a la Aerovía que ofrece 154 cabinas con capacidad de 10 pasajeros por cabina, las cuales pasan cada 15 segundos a una velocidad de 5 m/s, mediante la aplicación de encuesta de preferencias declaradas permitirán conocer si los atributos que más valoran los usuarios al usar la Aerovía, frente a otros medios de transporte en periodo post covid-19, son similares a los atributos que tuvo mayor efecto en el transporte público de España.

#### **1.4.2.3 Ajuste al MNL para establecer políticas centradas en la satisfacción de usuarios del transporte público**

La satisfacción general del cliente con un sistema de transporte público depende de la satisfacción del usuario con los atributos que componen el servicio, y la contribución de cada uno de estos atributos demuestra la satisfacción general. Una forma común de analizar la contribución de los atributos del servicio y explicar la satisfacción general es utilizar un modelo logit o probit ordenado.

El artículo Mendoza-Arango et al (2020) propone un modelo logit ordenado que considera los pesos de las variables independientes seleccionando la importancia explícita de los cálculos de la tarea en función del mejor-peor de los casos. Para calcular la importancia se estimó un modelo logit multinomial que considera la heterogeneidad de la muestra mediante cambios sistemáticos en los gustos de los usuarios. Los resultados muestran que la significancia varía con diferentes variables socioeconómicas y movilidad. Por otro lado, incluir variables ponderadas en el modelo logit ordenado puede mejorar su ajuste. Así, los resultados permitieron establecer políticas centradas en mejorar el cumplimiento de objetivos específicos de los usuarios (Mendoza-Arango et al., 2020).

La presente investigación da a conocer al modelo logit ordenado multinomial que considera los pesos de las variables independientes el cual ajusta al modelo logit multinomial que se pretende desarrollar en el proyecto, permitiendo tener más precisión con respecto a los atributos que valoran los usuarios en el uso del transporte aerosuspendido Aerovía.

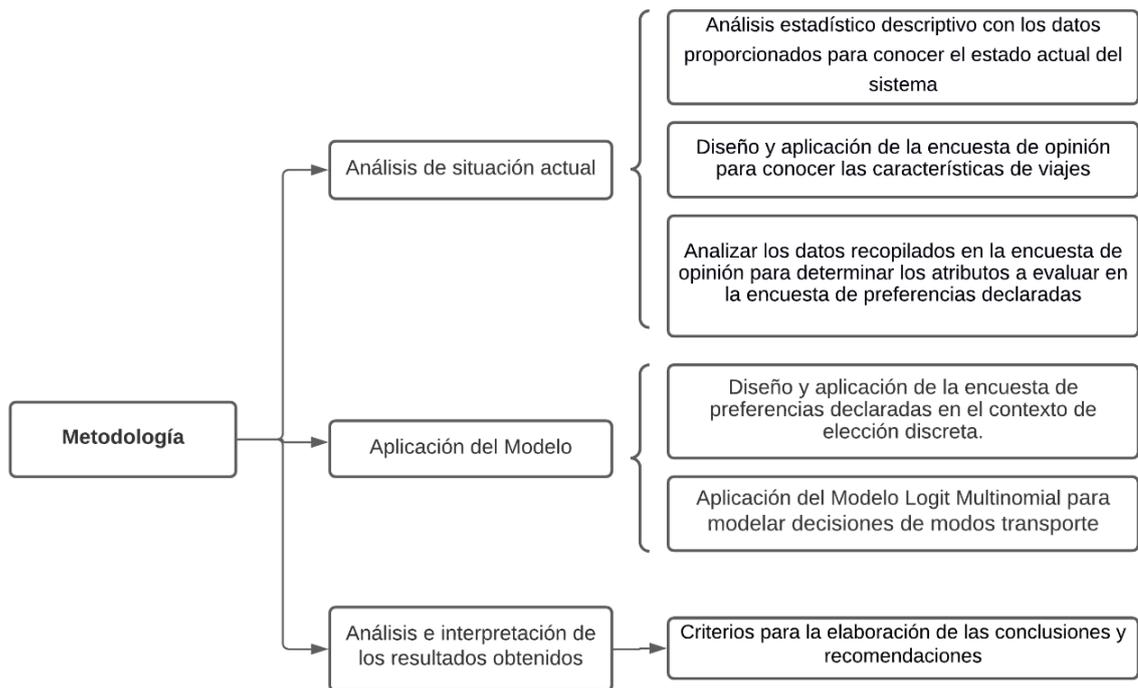
## CAPITULO 2

Este capítulo presenta los pasos a seguir para lograr los objetivos planteados en este proyecto. En primer lugar, con los resultados obtenidos en la entrevista semiestructurada se realizó un análisis del comportamiento de la demanda durante los diez primeros meses de operación del transporte público aerosuspendido Aerovía.

Luego se elaboró el diseño de una encuesta preliminar de opinión para recolectar los datos que permitan evaluar tanto las características sociodemográficas de los individuos y las características de los viajes. Para de esta forma conocer los atributos a evaluar dentro de la encuesta de preferencias declaradas.

Para finalizar el estudio, se realizó un análisis y caracterización de la demanda de la Aerovía mediante la formulación de una encuesta con el diseño de preferencias declaradas en el contexto de elección discreta ajustado a un Modelo Logit Multinomial. A través del proceso se logró obtener la estimación de los factores (o atributos) que realmente se consideran al momento de elegir a la Aerovía como medio de transporte frente a otras opciones existentes.

En la ilustración 1.4.1 explica de manera gráfica el esquema que se desarrolló durante la metodología.



**Ilustración 1.4.1 Esquema general de la metodología. [Fuente: Elaboración Propia]**

## 2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

### 2.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA FASE I

Para la primera etapa, las entrevistas se utilizaron como herramienta de investigación para recolectar datos existentes para su posterior análisis e interpretación estadística y de esta manera conocer la demanda actual de la Aerovía.

#### 2.1.1 Levantamiento de información

En esta sección se presenta la información más relevante obtenida por medio de la entrevista. La información fue solicitada y proporcionada por el administrador de la Aerovía.

El 21 de septiembre del 2021, se realizó una visita a las oficinas administrativas de la Aerovía, donde se llevó a cabo la cita con el administrador del sistema de transporte, para conocer las características de operación y el comportamiento de la demanda. En la siguiente tabla se presenta información relevante de la entrevista semiestructurada:

**Tabla 2.1.1 Información relevante de la entrevista al Administrador de Aerovía.**

[Fuente: elaboración propia]

| <b>Tópico</b>  | <b>Cargo:</b> Administrador de Aerovía<br><b>Tipo de empresa:</b> CONSORCIO AEROSUSPENDIDO GUAYAQUIL  |
|--|---|
| Estado actual del sistema de transporte Aerovía con respecto a la demanda. | <p>Debido a la pandemia COVID-19 y la reapertura paulatina del comercio, el cumplimiento de la demanda pronosticada durante el periodo prepandemia no ha tenido el flujo esperando de pasajeros, por el cual se ha convertido en una inversión que no ha tenido una recuperación en el corto plazo.</p> <p>Los fines de semana incluido feriados (sábados, domingos y festivos) hay pico de demanda de usuarios con respecto a los días laborables (lunes a viernes), lo que genera la percepción de que la Aerovía es un atractivo turístico y no un sistema de transporte masivo.</p> |
| Modos de transporte sustitutos al sistema de transporte Aerovía.           | <p>Se identifica modos de transporte como posible competencia del sistema de la Aerovía, estos, se pueden dividir en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Transporte formal (buses Inter cantonales).</li> <li><input type="checkbox"/> Transporte informal (taxis rutas), razón principal de la baja captación de usuarios.</li> </ul>   |
| Levantamiento de información para el análisis del estado actual Aerovía.   | <p>Según lo señalado por el administrador de la agencia Aerovía, el control de datos de pasajeros del Sistema de Transporte Aerosuspendido de Guayaquil Aerovía lo maneja la Agencia de Tránsito Municipal (ATM). En su página oficial se visualiza mensualmente los reportes de los viajes realizados.</p>   |

### 2.1.2 Análisis de información levantada.

El análisis de la información implicó la elaboración de tablas y estadísticos descriptivos sobre la demanda del servicio entre el 21 de diciembre 2020 hasta octubre de 2021. Este análisis es basado de acuerdo con la demanda mensual, diaria, en días laborables, fines de semana y festivos.

A continuación, se presenta la tabla 2.1.2 que refleja el análisis como parte del párrafo anterior.

**Tabla 2.1.2 Información recopilada de viajes realizados en los meses comprendidos entre enero 2021 – octubre 2021. [Página oficial de ATM; Reporte de VIAJES REALIZADOS en Aerovía]**

| Mes        | Vidas Transportadas |             | Viajes Semana laboral |            |                     | Viajes Fines de Semana |            |                     |
|------------|---------------------|-------------|-----------------------|------------|---------------------|------------------------|------------|---------------------|
|            | Promedio vidas/día  | Total vidas | Total viajes          | % de Viaje | Promedio Viajes/día | Total Viajes           | % de Viaje | Promedio Viajes/día |
| Enero      | 10.224              | 429.423     | 219.213               | 51%        | 7.829               | 210.210                | 49%        | 15.015              |
| Febrero    | 10.654              | 298.321     | 132.670               | 44%        | 7.371               | 165.651                | 56%        | 16.565              |
| Marzo      | 9.418               | 291.966     | 161.351               | 55%        | 7.015               | 130.615                | 45%        | 16.327              |
| Abril      | 6.470               | 194.085     | 82.487                | 43%        | 8.248               | 111.598                | 57%        | 5.580               |
| Mayo       | 5.889               | 147.228     | 85.288                | 58%        | 4.061               | 61.940                 | 42%        | 7.743               |
| Junio      | 8.079               | 242.356     | 106.179               | 44%        | 4.826               | 136.177                | 56%        | 17.022              |
| Julio      | 10.264              | 318.184     | 127.191               | 40%        | 6.057               | 190.993                | 60%        | 19.099              |
| Agosto     | 10.970              | 340.060     | 133.390               | 39%        | 6.352               | 206.670                | 61%        | 20.667              |
| Septiembre | 9.542               | 283.569     | 139.306               | 49%        | 6.352               | 144.263                | 51%        | 20.667              |
| Octubre    | 9.855               | 305.506     | 102.793               | 34%        | 5.136               | 202.723                | 66%        | 18.436              |

En tabla 2.1.2 se puede observar que, en promedio los tres últimos meses, la demanda en días laborables es menor en un 19% que, durante los fines de semana y festivos, tal como lo mencionó el administrador de Aerovía en la entrevista. Esta situación se puede deberse a que desde el mes de agosto fueron anuladas las restricciones municipales impuestas por el COE cantonal de Guayaquil, por esa razón, se puede visualizar un incremento de usuarios los fines de semana, los cuales hacen uso de la Aerovía como un paseo recreativo.

En la siguiente tabla 2.1.3 se evidencia el rendimiento en base al porcentaje de uso de la capacidad, el cual se calculó dividiendo el promedio de viajes por día (incluidos días laborables, fines de semana y feriados) de cada mes con respecto a la capacidad total que puede transportar diariamente. Se pudo visibilizar que el mes en el cual tuvo mayor rendimiento es agosto con 27.43% de uso con respecto a la capacidad total de Aerovía.

**Tabla 2.1.3 Situación actual de demanda Aerovía.** [Fuente: Elaboración propia]

| Meses 2021           | Promedio viajes/día | % Uso de cada mes |
|----------------------|---------------------|-------------------|
| Enero                | 10.224              | 25,56%            |
| Febrero              | 10.654              | 26,64%            |
| Marzo                | 9.418               | 23,55%            |
| Abril                | 6.470               | 16,18%            |
| Mayo                 | 5.889               | 14,72%            |
| Junio                | 8.079               | 20,20%            |
| Julio                | 10.264              | 25,66%            |
| Agosto               | 10.970              | 27,43%            |
| Septiembre           | 9.542               | 23,86%            |
| Octubre              | 9.855               | 24,64%            |
| <b>Promedio</b>      | 9.137               | 22,84%            |
| Capacidad de aerovía | 40.000              |                   |
| % uso de capacidad   | 22,84%              |                   |

### 2.1.3 Características de viajes actuales

Con el fin de asegurar que se incluyan los atributos adecuados dentro del diseño de la encuesta de preferencias declaradas, fue conveniente llevar a cabo una encuesta de opinión con una muestra representativa de 384 individuos luego de haber depurado y validado los datos de la muestra de estudio. Esta encuesta permitió conocer el comportamiento de los viajes actuales y fue aplicada el viernes 10 diciembre del 2021 en la estación E05 de la Aerovía en Durán.

La encuesta realizada constó de dos partes: (1) Recolección de datos sobre la demografía y características de los encuestados; y (2) Características de viajes.

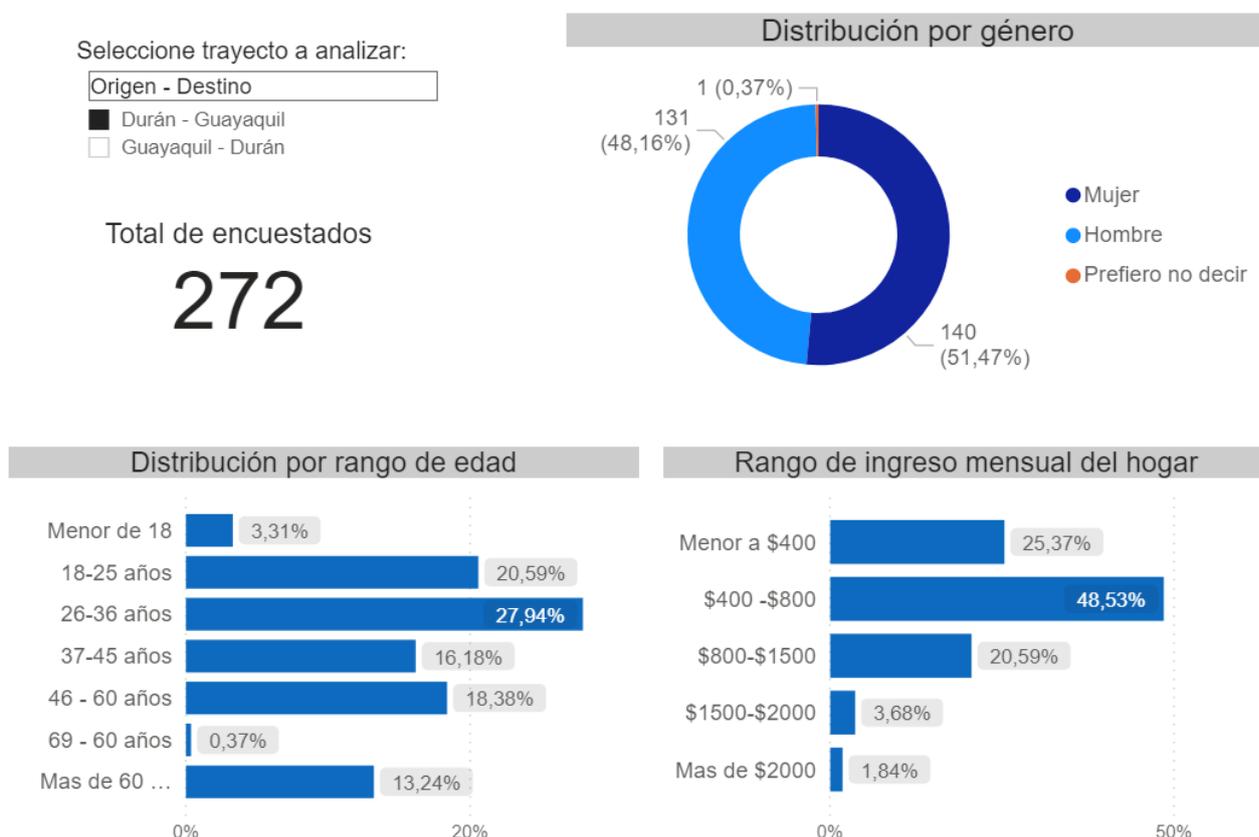
En la información sobre la demografía se recolectaron datos sobre el género, edad, lugar de residencia, composición familiar, ingreso mensual del hogar y el gasto mensual del transporte. Mientras que para las características de viajes se pidió a los encuestados que mencionen el sector de origen y el sector de destino de su viaje.

Adicionalmente, para el trabajo de investigación se recolectaron datos como el costo del viaje, el tiempo de viaje, el motivo de viaje, los tiempos de caminata (desde su lugar de origen hasta la primera parada bus/Aerovía y desde la última parada hasta su lugar de destino), los factores que influyen en la elección del modo de transporte y por último el modo de transporte sustituto a usar en el caso hipotético de no existir la Aerovía.

Esta encuesta piloto fue cuidadosamente controlada para poder investigar cualquier aspecto relacionado con la descripción de los atributos y alternativas.

## Resultados obtenidos de encuesta de opinión

De los 384 encuestados en la estación E05 de Durán, el 71% provenían del trayecto Durán – Guayaquil y el 29% del trayecto Guayaquil – Durán. Para este estudio se analizaron únicamente los viajes realizados en el trayecto Durán- Guayaquil debido a que constituyó un mayor porcentaje de viajes, esto se debe principalmente a que el día viernes 10 de diciembre 2021 la encuesta de opinión fue aplicada solo en la estación E05 de Durán.

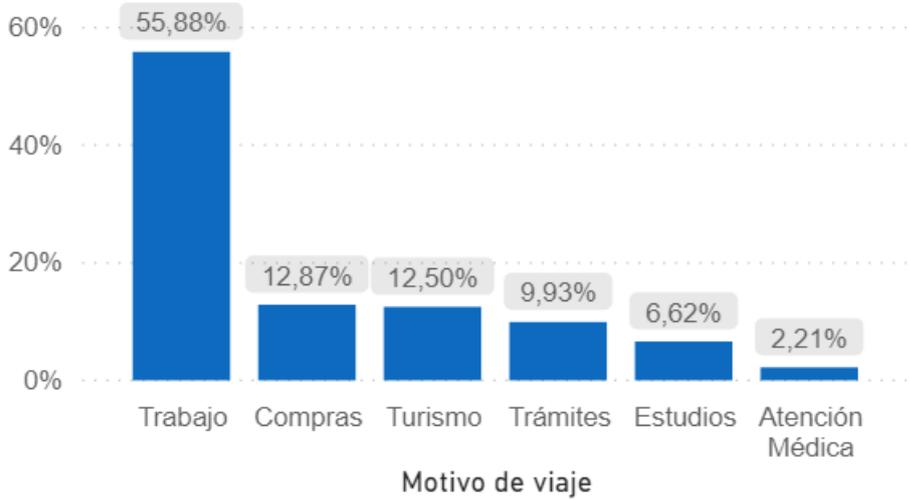


**Ilustración 2.1.1 Resultados Sociodemográficos. [Fuente: Elaboración Propia]**

La distribución de los diferentes grupos de encuestados se evaluó con base en la siguiente información: distribución por género, por grupo de edad, rango de ingreso mensual del hogar, composición del hogar familiar y residencia. Respecto a la

composición de los grupos el 51.47% correspondieron a mujeres, mientras que el 48.16% a hombres; respecto a la distribución de edad de los encuestados se observó que la mayoría de los encuestados pertenecieron al grupo de edad de 26 a 36 años con un 27.94%, seguido del grupo de edad 18 a 25 años con un 20.59%. Esto se debió a que la cantidad de personas entrevistadas fueron trabajadores y personas que se movilizan por motivo de compras y turismo.

En cuanto a los ingresos mensuales del hogar de los encuestados, el 48.53% indicó que acceden a \$400 y \$800. Esto se debió a que en el grupo combinado de personas se encontraron mayoritariamente trabajadores y personas económicas activas en el grupo de edad de 26 a 36 años. Por otro lado, el grupo que tuvo ingresos por debajo de \$400 comprendió el 25.57% de la muestra, y el grupo que recibió entre \$800 y \$1500 comprendió el 20.59%. Mientras que los otros grupos de \$1500 a \$2000 y superiores a \$2000 tuvieron un porcentaje del 3.68% y 1.84% respectivamente.



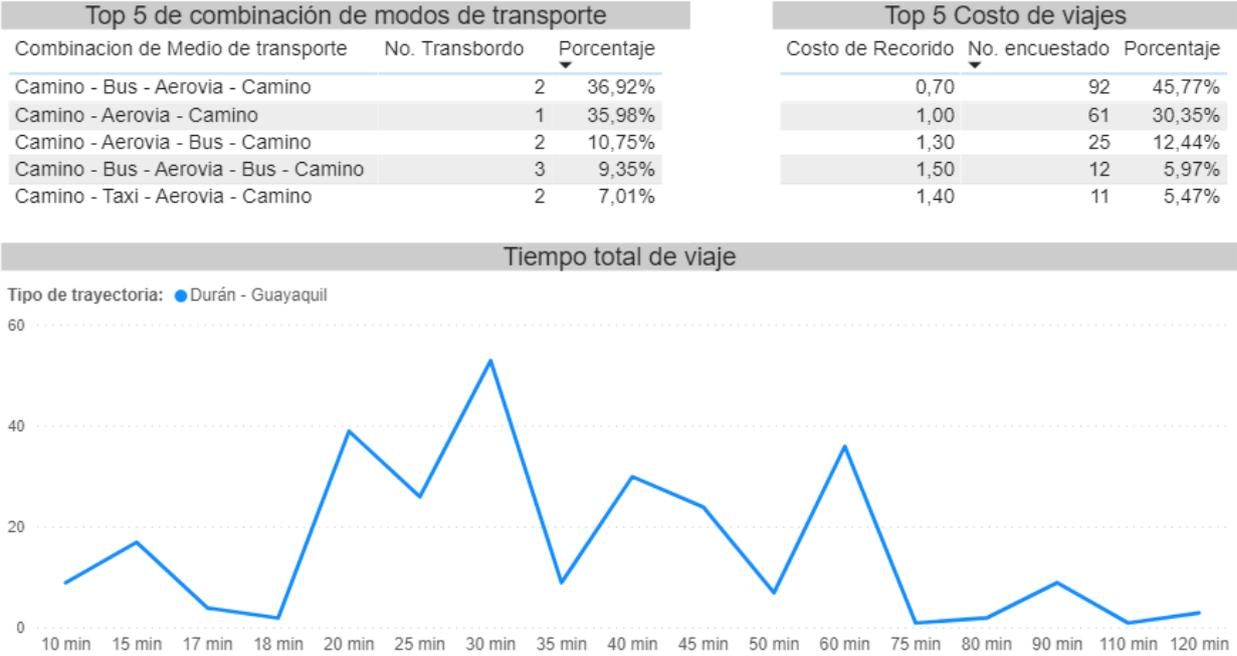
**Ilustración 2.1.2 Motivo de viajes de encuestados. [Fuente: Elaboración Propia]**

Respecto a la variable motivo de viaje, se observó que el 55.88% del total de encuestados elige a la Aerovía como medio de traslado por motivos de trabajo, mientras que la utilidad de este medio de transporte para compras y turismo fue elegida por los entrevistados con aproximadamente el 12.5% cada uno.

### Identificación de los atributos a evaluar en la encuesta preferencias declaradas

Basándose en los resultados sobre la información de viajes de las encuestas de opinión sobre las características de viaje en el trayecto Durán – Guayaquil, se identificó que las combinaciones de modos de transporte que representa el 70% de los encuestados son Camino – Aerovía – Camino y Camino – Bus – Aerovía – Camino.

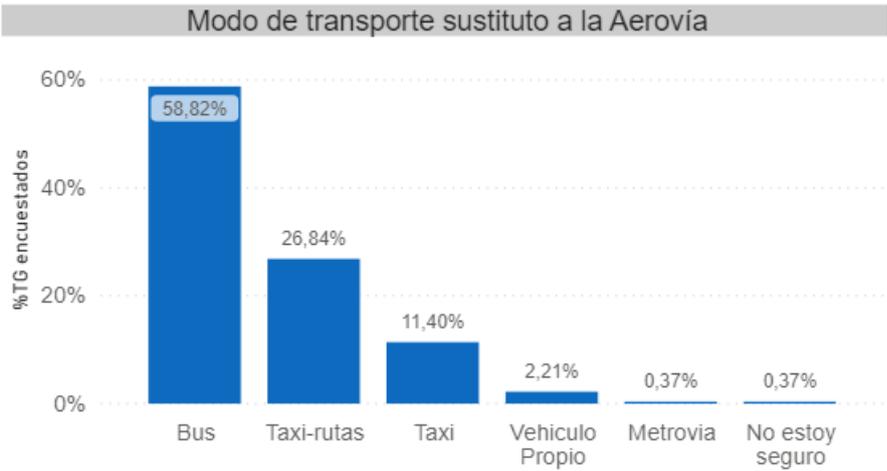
Además, mediante la aplicación de esta encuesta se identificaron las posibles variables que las personas toman en consideración al momento de elegir un medio de transporte con respecto a otro; estas son el tiempo de viaje, el costo de viaje y el tiempo total de caminata. En base a esa información se estructuró la encuesta de preferencia de declaradas.



**Ilustración 2.1.3 Información de viajes trayecto Durán – Guayaquil. [Fuente: Elaboración Propia]**

### Identificación de alternativas de transporte

La encuesta de opinión también se utilizó para establecer el conjunto de alternativas que el usuario podría considerar en la práctica, es decir, las opciones que tienen los usuarios de Durán para realizar su viaje a Guayaquil.



**Ilustración 2.1.4 Modos de Transporte sustitutos de la Aerovía. [Fuente: Elaboración Propia].**

Por tanto, las alternativas a presentar en la encuesta de preferencias declaradas que colocan al entrevistado en un contexto de elección más realista; son el bus y taxi-rutas, ya que se presentaron como medios de transporte sustitutos a la Aerovía. Y juntos representan casi el 80% de las respuestas de los encuestados que hacen el recorrido Durán – Guayaquil.

### Sector de Origen(generación) – Destino(atracción) más frecuentados por los usuarios de Aerovía en el tramo Duran- Guayaquil

En la encuesta de opinión, se pidió a los encuestados que indicaran el origen y el destino de su viaje. La mayoría de los orígenes registrados provienen de áreas cercanas a la E05 Aerovía como Abel Gilbert, Primavera 1 y 2, y los Helechos, mientras que de áreas distantes a E05 se tiene a los sectores como El Recreo y Panorama. Véase la

ilustración 2.1.5 para mejor ubicación en el mapa con los puntos georreferenciados de los sectores de origen.

**Tabla 2.1.4 Top 5 sectores origen de viaje. [ Fuente: Elaboración propia]**

| Origen de viaje | Porcentaje |
|-----------------|------------|
| Abel Gilbert    | 49,79%     |
| Primavera 1 y 2 | 16,60%     |
| Los Helechos    | 14,11%     |
| El Recreo       | 11,20%     |
| Panorama        | 8,30%      |



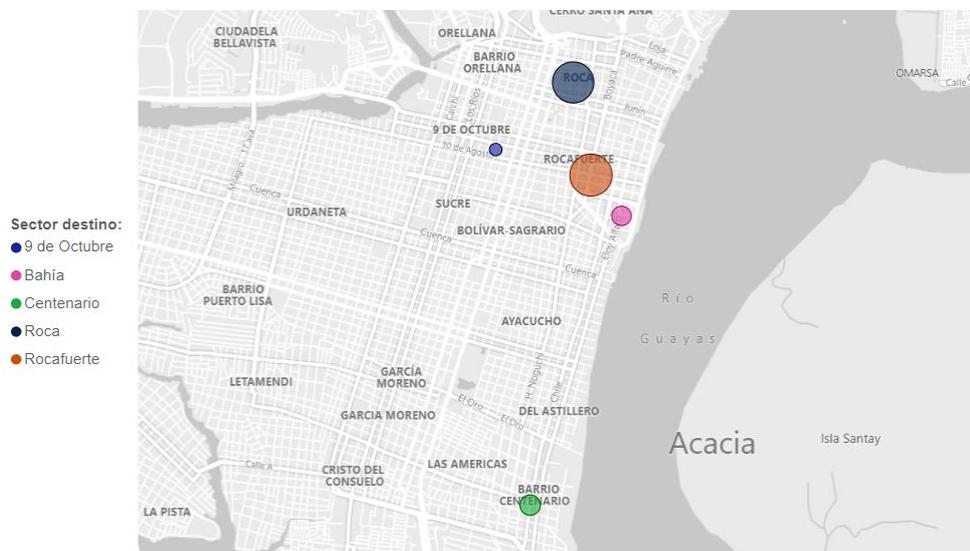
**Ilustración 2.1.5 Sectores de origen de los destinos más frecuentados por usuarios de Aerovía. [Fuente: Elaboración Propia]**

Mientras tanto, la mayoría de los destinos se concentran en el centro de Guayaquil, debido que allí se encuentran múltiples áreas con establecimientos comerciales, escuelas, oficinas, mercados y puntos turísticos. En la Tabla 2.1.5 denota como Roca y Rocafuerte como los destinos más atractivos de viaje con casi 29% cada uno, seguido de Centenario y La Bahía con casi un 16% cada uno, y como último destino atractivo dentro del top 5, se encuentra 9 de octubre con un 11.34%. Véase la ilustración

2.1.6 para mejor ubicación en el mapa con los puntos georreferenciados de los sectores de destino.

**Tabla 2.1.5 Top 5 sectores destino de viajes. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Destino de viaje | Porcentaje |
|------------------|------------|
| Rocafuerte       | 28,87%     |
| Roca             | 28,35%     |
| Centenario       | 15,98%     |
| Bahía            | 15,46%     |
| 9 de Octubre     | 11,34%     |



**Ilustración 2.1.6 Sectores de destino más frecuentados por usuarios de la Aerovía. [Fuente: Elaboración Propia]**

### Método de centro de gravedad

El propósito del centro de gravedad es ubicar el punto central entre los sectores de destino con mayor porcentaje de viajes en el tramo Durán – Guayaquil, para las combinaciones de viajes de, camino-Aerovía-camino y camino-bus-Aerovía-camino.

$$C_x = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ix} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \qquad C_y = \frac{\sum_{i=1}^n d_{iy} * V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \qquad (2.1)$$

**Tabla 2.1.6 Datos Geográficos de 5 destinos más frecuentados. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Sector destino | Latitud [ $d_{ix}$ ] | Longitud [ $d_{iy}$ ] | Personas [ $V_i$ ] |
|----------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Roca           | -2.1873              | -79.8864              | 39                 |
| Rocafuerte     | -2.1949              | -79.8849              | 41                 |
| Centenario     | -2.2219              | -79.8899              | 20                 |
| 9 de Octubre   | -2.1928              | -79.8927              | 16                 |
| Bahia          | -2.1982              | -79.8824              | 16                 |

El resultado de aplicar el método fueron las siguientes coordenadas geográficas que ubican al sector de 'La bahía'.

$$C_x = -2.196787354 \qquad C_y = -79.88664265 \qquad (2.2)$$

**Tabla 2.1.7 Ubicación del centroide entre top 5 de sectores de destino de viaje. [Fuente: Elaboración Propia]**



## Resumen y aspectos para considerar dentro de la encuesta de preferencias declaradas

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se discutieron todos los aspectos relevantes obtenidos en la encuesta de opinión, referidos a la percepción de alternativas, a la identificación de los atributos más importantes y la forma en la que éstos se perciben por parte de los sujetos. Además, se determinó el destino más atractivo mediante el método del centro de gravedad. Con todo este análisis, la encuesta de preferencias declaradas tuvo dos cuestionarios para cada tipo de usuario de Aerovía.

### Descripción del Cuestionario 1

Este cuestionario está destinado a usuarios que viven en zonas cercanas a la estación E05 de Duran (Contexto 1) y no tan cercanas a esta (Contexto 2), como Primavera 2, Los Helechos, Bloques de la Armada de Duran, etc. Es decir, personas que caminan hasta la estación E05 de Durán no utilizan ningún medio de transporte.

**Tabla 2.1.8 Origen y Destino para el cuestionario 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Combinación: Camina-Aerovía-Camina</b> |                         |                |
|---|-------------------------|----------------|
| Trayecto Durán -Centro de Guayaquil       |                         |                |
| <b>Contexto</b>                           | <b>Origen</b>           | <b>Destino</b> |
| 1   | Cdla. Abel Gilbert      | La Bahía       |
| 2   | Bloques de Armada Durán | La Bahía       |

Se escogió como destino final ‘La Bahía’ posterior a calcular la ubicación central entre 5 sectores que más frecuentan los usuarios de viajan en el tramo Durán – Guayaquil.

## Descripción del Cuestionario 2

Este cuestionario va dirigido a usuarios que viven en zonas muy distantes a la E05 de Durán y que toman un medio de transporte para llegar a la misma.

**Tabla 2.1.9 Origen – Destino para el cuestionario 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Combinación: Camina-Bus-Aerovía-Camina</b> |                |
|---|----------------|
| Trayecto Durán -Centro de Guayaquil           |                |
| <b>Origen</b>                                 | <b>Destino</b> |
| Cdla El Recreo, Durán                         | La Bahía       |

Se escogió como destino final ‘La Bahía’ luego de calcular la posición central entre los 5 sectores que los usuarios transitan con mayor frecuencia en el tramo Durán - Guayaquil.

## 2.2 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA FASE 2

En este capítulo se definió el orden de los pasos para implementar la metodología la cual se detalla a continuación:

- Identificar qué atributos evaluar.
- Definir el modelo experimental factorial ortogonal fraccionado para la presentación de alternativas.
- Diseño del cuestionario sobre las preferencias declaradas.
- Aplicar la encuesta en campo para la recolección de datos.
- Tabular los datos recolectados, a fin de estimar el Modelo Logit Multinomial, utilizando la librería BIOGEME que permita ajustar el modelo, en Python.
- Análisis de resultados.

### 2.2.1 Atributos y alternativas

Unos de los principales elementos dentro de las encuestas de preferencias declaradas, es la construcción de un conjunto de alternativas u opciones hipotéticas. Diseñar estas alternativas tecnológicamente factibles para presentarlas a los individuos a encuestar requiere 4 tareas diferentes:

## **1- Identificación del conjunto de elecciones**

En el contexto de la elección de transporte para el viaje en el tramo Durán – Guayaquil, se tiene en cuenta las siguientes alternativas:

Transporte formal

- Buses Intraprovinciales
- Aerovía

Transporte informal

- Taxi rutas.

## **2- Selección de los atributos a incluir en cada opción**

La combinación y la naturaleza de los atributos se eligieron con especial cuidado, para garantizar respuestas realistas.

La Tabla 2.2.1 incluye una descripción conceptual y operativa de cada atributo que fue evaluado en el marco de la encuesta en términos de preferencias declaradas, estos atributos fueron seleccionados en base a los resultados de la encuesta de opinión para brindar opciones con propiedades reales que los usuarios pueden considerar en la práctica.

**Tabla 2.2.1 Cuadro de operación de atributos. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Variables</b>                   | <b>Definición conceptual</b>  | <b>Definición operacional</b>  |
|------------------------------------|---|--|
| Costo de viaje                     | Coste Soportado: variable que recoge la opinión del encuestado (usuario) acerca del coste del servicio (tarifa de transporte) soportado (Barberán et al., 2019).  | En opinión de los encuestados, mide el costo de los servicios de transporte, además se empleará la asequibilidad en ajuste a su presupuesto mensual y el método de pago.       |
| Tiempo de viaje en vehículos       | Considera el tiempo de duración del trayecto que el pasajero realiza en las unidades requeridas para hacer el viaje hacia su destino (Cola, 2019).  | Este atributo se evalúa considerando el tiempo total del recorrido en el/los vehículos/s empleado/s para realizar el viaje a su lugar de destino.                              |
| Tiempo de caminata total recorrida | El tiempo de caminata total recorrida define como la facilidad para alcanzar el sistema de transporte público desde el punto de origen, así como alcanzar el destino final desde el sistema. En transporte público estas etapas de viaje se hacen caminando. (Fernández Aguilera, 2014) | Este atributo se evalúa considerando el tiempo desde el lugar de origen hasta la parada, y el tiempo desde que desciende de la unidad de transporte hasta su lugar de destino. |

**Tabla 2.2.2 Factores (atributos) que se involucran en cada opción [Fuente: elaboración propia]**

| <b>Opciones de transporte</b> | <b>Factores (atributos)</b>   |
|-------------------------------|---|
| Aerovía                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costo de viaje.</li> <li>2. Tiempo de viaje en vehículo.</li> <li>3. Tiempo de caminata total del recorrido.</li> </ol> |
| Bus intraprovincial           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costo de viaje.</li> <li>2. Tiempo de viaje en vehículo.</li> <li>3. Tiempo de caminata total del recorrido.</li> </ol> |
| Taxi rutas                    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costo de viaje.</li> <li>2. Tiempo de viaje en vehículo.</li> <li>3. Tiempo de caminata total del recorrido.</li> </ol> |

Para asegurar que se incluyan los atributos adecuados y que las opciones se describan de forma sencilla, se realizó una valoración bibliográfica, que pueda ajustarse a cualquier aspecto relativo para describir las propiedades de cada alternativa.

De acuerdo con el estudio realizado por Estrella et al (2017), en el cual se determinó el impacto que tiene el sistema de teleférico, como una forma de transporte masivo en la ciudad de Baguio. Los atributos que se resaltaron en la investigación fueron tarifa, tiempo de viaje, tiempo de acceso / salida y aglomeración. Entendiendo, como tiempo de acceso / salida al tiempo que tarda una persona en tomar su modo de transporte y llegar al destino desde el punto de partida. Los atributos considerados en el estudio realizado por Estrella tienen relación con esta investigación ya que se busca evaluar atributos similares como costo de viaje, tiempo en vehículo y tiempo de caminata total recorrida (similar al tiempo de acceso / salida).

### **3- Selección de la unidad de medida para cada atributo.**

- Tiempo de viaje en vehículo (minutos)
- Costo de viaje en dólares (\$)
- Tiempo de caminata total recorrida (minutos)

### **4- Especificación del número y magnitud de los niveles de cada atributo**

Por medio de las preferencias declaradas (PD) y de la estimación del Modelo Logit Multinomial (MNL) que basan su estimación en el análisis de las respuestas de los individuos ante situaciones hipotéticas construidos en un diseño experimental, nos permitió caracterizar la demanda de Aerovía y conocer los atributos que mejor se adaptan en la elección del modo de transporte para viajar.

De acuerdo con la recomendación de Ortuzar, aplicar la encuesta de opinión permitió establecer niveles de atributos para el diseño experimental, de manera que sean familiares para las personas que las respondieran.

La tabla 2.2.3 detallan los niveles que puede tener cada atributo de las alternativas disponibles del diseño del cuestionario de usuarios del grupo 1, el cual va dirigido para usuarios que no utilizan ningún modo de transporte para llegar a la E05 Durán.

**Tabla 2.2.3 Clasificación de los niveles de cada atributo para la combinación Camino - Aerovía – Camino. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Alternativa Aerovía</b>   |                        |                           |
|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Fijo                         | Fijo                   | Alto<br>Bajo              |
| <b>Alternativa Bus</b>       |                        |                           |
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Alto<br>Bajo                 | Alto<br>Bajo           | Alto<br>Bajo              |
| <b>Alternativa Taxi ruta</b> |                        |                           |
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Fijo                         | Alto<br>Bajo           | Fijo                      |

La tabla 2.2.4 describe los niveles que cada atributo puede tener para cada alternativa en el diseño del cuestionario de usuarios del grupo 2. Este cuestionario va dirigido a usuarios que viven en zonas muy distantes a la E05 de Durán y que toman un modo de transporte para llegar a la misma, es decir que viven en zonas como El Recreo, Panorama, Oramas, etc.

**Tabla 2.2.4 Clasificación de los niveles de cada atributo para la combinación Camino – Bus - Aerovía – Camino. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Alternativa Aerovía</b>   |                        |                           |
|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Alto                         | Fijo                   | Fijo                      |
| Bajo                         |                        |                           |
| <b>Alternativa Bus</b>       |                        |                           |
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Alto                         | Alto                   | Alto                      |
| Bajo                         | Bajo                   | Bajo                      |
| <b>Alternativa Taxi ruta</b> |                        |                           |
| <b>Costo de viaje</b>        | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de caminata</b> |
| Fijo                         | Alto                   | Fijo                      |
|                              | Bajo                   |                           |

## 2.2.2 Diseño Experimental

Como se mencionó en capítulos anteriores, el propósito de la encuesta de PD fue medir los atributos que los usuarios de Aerovía toman en cuenta a la hora de elegir un medio de transporte para trasladarse el tramo Duran-Guayaquil. Además, mediante el análisis cuantitativo de los principales hallazgos de la encuesta de opinión, se identificaron variables de interés para este experimento.

En esta sección se describe en detalle el diseño, descripción y limitaciones del cuestionario de PD para construir un experimento que pueda satisfacer la necesidad de investigación y otorgue respuestas realistas.

Siguiendo las recomendaciones de (Louviere, et al., 2000) y (Ortuzar y Willumsem, 2011), el diseño y presentación de las alternativas se articula, en tres etapas:

- Selección de los niveles de los atributos y de las combinaciones que constituyen cada alternativa (diseño experimental).
- Diseño de la presentación de estas alternativas
- Especificación de las respuestas que se van a obtener de los encuestados

A continuación, se discute la primera de estas etapas. El método seleccionado para la encuesta PD es el diseño factorial ortogonal, principalmente por ser un método práctico de usar que genera buenos resultados y donde asegura que las combinaciones de atributos presentados varíen independientemente unas de otras.

Para proporcionar el número de opciones hipotéticas necesarias y garantizar ortogonalidad Ortuzar & Willumsen (2008) menciona que: “El número de atributos  $a$  y el número de niveles de cada atributo  $n$  determinan un diseño factorial  $n^a$  (págs. 160-161).

En un diseño factorial, las variables explicativas a analizar son llamadas “atributos” o “factores” de la elección y los valores de cada variable son denominados “niveles”, el producto es un diseño en el que los niveles de cada atributo son combinados con cada nivel de todos los demás atributos. Cada una de las combinaciones de un diseño factorial se denominan “perfiles” y la completa enumeración de cada uno de estos perfiles es plasmada en un “diseño factorial completo”.

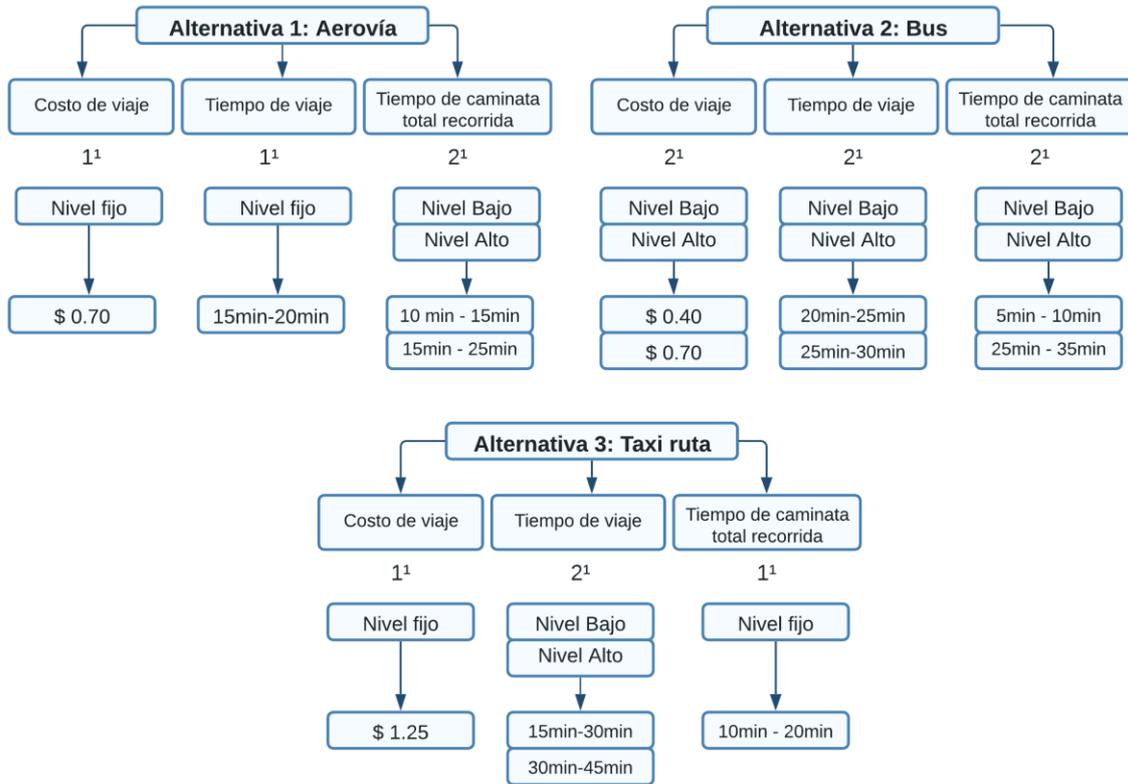
En cuanto a la segunda etapa, presentación de alternativas. Con el fin de obtener respuestas realistas, se presentaron los atributos de las alternativas de manera similar a como son percibidos por los viajeros, y también se presentó una ilustración gráfica de cada alternativa, adecuando el proceso de elección.

Finalmente, en la tercera etapa se refiere a la forma en que se pide a los encuestados que expresen su elección en términos análogos a los de las encuestas de preferencias declaradas. En ese sentido, a cada viajero se invitó a que declare su elección seleccionando una alternativa entre las opciones descritas.

#### ***2.2.2.1 Diseño del cuestionario de preferencias declaradas para grupo 1***

El contexto de elección a presentar a los individuos del grupo 1 (usuarios de Aerovía que caminan a la E05 Durán) se ajusta a la elección del modo de transporte para realizar viajes en el tramo Durán - Guayaquil. Considerando las alternativas de elección entre la Aerovía, bus intraprovincial y el taxi ruta, se seleccionaron los niveles de los atributos y de las combinaciones que componen cada alternativa. Así, el diseño factorial ortogonal de atributos de las alternativas de viaje debe responder al esquema de la ilustración 2.2.1

**Modelo experimental del grupo 1: Usuarios que caminan a la estación E05 Durán**



**Ilustración 2.2.1 Diseño experimental en relación con las variables independientes (atributos de las alternativas) para la presentación de alternativas a los usuarios del grupo 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

**Diseño experimental para la presentación de alternativas**

En la siguiente tabla 2.2.5, se puede observar que, para cada alternativa, los niveles de cada atributo son combinados con cada nivel de todos los demás atributos, con lo cual el número de perfiles a presentar en un diseño factorial sería de 2 perfiles para alternativa Aerovía, 8 perfiles para la alternativa bus y 2 para alternativa taxi ruta.

**Tabla 2.2.5 Diseño factorial para el cuestionario 1 de preferencia declaradas.**

[Fuente: Elaboración propia]

| <b>Alternativa 1: Aerovía</b> |              |                        |                           |
|-------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                 | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                      | \$0,70       | 15min-20min            | 15min - 25min             |
| <b>2</b>                      | \$0,70       | 15min-20min            | 10min - 15min             |

| <b>Alternativa 2: Bus intercantonal</b> |              |                        |                           |
|---|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                           | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                                | \$0,40       | 20min-25min            | 5min-10min                |
| <b>2</b>                                | \$0,40       | 20min-25min            | 25min-35min               |
| <b>3</b>                                | \$0,40       | 25min-30min            | 5min-10min                |
| <b>4</b>                                | \$0,40       | 25min-30min            | 25min-35min               |
| <b>5</b>                                | \$0,70       | 20min-25min            | 5min-10min                |
| <b>6</b>                                | \$0,70       | 20min-25min            | 25min-35min               |
| <b>7</b>                                | \$0,70       | 25min-30min            | 5min-10min                |
| <b>8</b>                                | \$0,70       | 25min-30min            | 25min-35min               |

| <b>Alternativa 3: Taxi ruta</b> |              |                        |                           |
|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                   | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                        | \$1,25       | 30min-45 min           | 10min-20min               |
| <b>2</b>                        | \$1,25       | 15min-30 min           | 10min-20min               |

Una vez que se tiene los perfiles de cada alternativa, descartamos los perfiles que, por configuración de sus atributos se convierten en las alternativas dominantes, que corresponden al perfil 1,3,6 y 8 de la alternativa bus inter cantonal.

Los niveles de los atributos de los perfiles 1 y 2, quiere decir que los valores del costo de viaje, tiempo de viaje en vehículo, y el tiempo de caminata serán cortos, lo que volverá a dicha alternativa más atractiva que cualquiera de las otras presentes en los bloques. Caso contrario es el de los perfiles 6 y 8, donde los niveles de los atributos son, costos alto y tiempos más largos, lo que vuelve a dicha alternativa la menos atractiva de todas.

**Tabla 2.2.6 Representación numérica del diseño factorial del cuestionario 1 de preferencia declaradas. [Fuente: Elaboración propia]**

| <b>Alternativa 1: Aerovía</b> |       |                 |                    |
|-------------------------------|-------|-----------------|--------------------|
| Perfil                        | Costo | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 1                             | 0     | 0               | 1                  |
| 2                             | 0     | 0               | -1                 |

| <b>Alternativa 2: Bus intercantonal</b> |       |                 |                    |
|---|-------|-----------------|--------------------|
| Perfil                                  | Costo | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 2                                       | -1    | -1              | 1                  |
| 4                                       | -1    | 1               | 1                  |
| 5                                       | 1     | -1              | -1                 |
| 7                                       | 1     | 1               | -1                 |

| <b>Alternativa 3: Taxi ruta</b> |       |                 |                    |
|---------------------------------|-------|-----------------|--------------------|
| Perfil                          | Costo | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 1                               | 0     | 1               | 0                  |
| 2                               | 0     | -1              | 0                  |

Una vez que se eliminan las alternativas dominantes, los niveles de cada atributo se representan numéricamente mediante el método de codificación ortogonal (tabla 2.2.6). Los niveles del diseño factorial seleccionado para la encuesta PD son representados mediante el -1 para el nivel de atributo Bajo, el 1 para el nivel alto y el 0 para el nivel fijo. Esta herramienta es atractiva de usar debido a sus dos propiedades: (1) que la suma de sus niveles es cero, lo que permite la captura de efectos no-lineales y varianza similar a todos los atributos; (2) el producto entre las columnas es cero (es ortogonal), lo que asegura que no haya correlación entre los atributos.

Finalmente, se realizan todas las combinaciones posibles de los perfiles restantes para diseñar los juegos de elección, estos son mostrados en la tabla 2.2.7.

Tabla 2.2.7 Efectos en el diseño factorial completo del cuestionario 1. [Fuente: Elaboración propia]

| Perfiles | P  | Alternativas |    |    |                   |    |    |           |    |    | Orden superior<br>tc x cost x tv x tc x tv |
|----------|----|--------------|----|----|-------------------|----|----|-----------|----|----|--|
|          |    | Aerovía      |    |    | Bus intercantonal |    |    | Taxi ruta |    |    |  |
|          |    | cost         | tv | tc | cost              | tv | tc | cost      | tv | tc |  |
| 1,2,1    | 1  | 0            | 0  | 1  | -1                | -1 | 1  | 0         | 1  | 0  | 1  |
| 1,2,2    | 2  | 0            | 0  | 1  | -1                | -1 | 1  | 0         | -1 | 0  | -1   |
| 1,4,1    | 3  | 0            | 0  | 1  | -1                | 1  | 1  | 0         | 1  | 0  | -1   |
| 1,4,2    | 4  | 0            | 0  | 1  | -1                | 1  | 1  | 0         | -1 | 0  | 1  |
| 1,5,1    | 5  | 0            | 0  | 1  | 1                 | -1 | -1 | 0         | 1  | 0  | 1  |
| 1,5,2    | 6  | 0            | 0  | 1  | 1                 | -1 | -1 | 0         | -1 | 0  | -1   |
| 1,7,1    | 7  | 0            | 0  | 1  | 1                 | 1  | -1 | 0         | 1  | 0  | -1   |
| 1,7,2    | 8  | 0            | 0  | 1  | 1                 | 1  | -1 | 0         | -1 | 0  | 1  |
| 2,2,1    | 9  | 0            | 0  | -1 | -1                | -1 | 1  | 0         | 1  | 0  | -1   |
| 2,2,2    | 10 | 0            | 0  | -1 | -1                | -1 | 1  | 0         | -1 | 0  | 1  |
| 2,4,1    | 11 | 0            | 0  | -1 | -1                | 1  | 1  | 0         | 1  | 0  | 1  |
| 2,4,2    | 12 | 0            | 0  | -1 | -1                | 1  | 1  | 0         | -1 | 0  | -1   |
| 2,5,1    | 13 | 0            | 0  | -1 | 1                 | -1 | -1 | 0         | 1  | 0  | -1   |
| 2,5,2    | 14 | 0            | 0  | -1 | 1                 | -1 | -1 | 0         | -1 | 0  | 1  |
| 2,7,1    | 15 | 0            | 0  | -1 | 1                 | 1  | -1 | 0         | 1  | 0  | 1  |
| 2,7,2    | 16 | 0            | 0  | -1 | 1                 | 1  | -1 | 0         | -1 | 0  | -1   |

Un buen diseño comprende e interpreta los efectos de interacciones entre atributos dado que generalmente explican entre un 5 a 15% de la varianza, por ello se calcula la columna INTERACCIÓN DE ORDEN SUPERIOR que se muestra en la ilustración 2.2.4, que resulta de multiplicar las columnas, tiempo de caminata de la alternativa Aerovía, con el costo de viaje, tiempo de viaje en vehículo y tiempo de caminata de la alternativa bus, y tiempo de viaje en vehículo de la alternativa taxi ruta, como se puede visualizar en la ecuación (2.3).

$$tc_{Aerovía} \times c_{Bus} \times tv_{Bus} \times tc_{Bus} \times tv_{Taxiruta} \quad (2.3)$$

Pese a las numerosas ventajas estadísticas que poseen los diseños factoriales completos, estos son difíciles de implementar en la práctica. Los diseños factoriales fraccionados seleccionan estratégicamente un subconjunto de factoriales completos por medio de bloques, de modo que los diseños sean reducidos a tamaños prácticos.

Las fracciones involucran una pérdida de información estadística y requiere de algunos supuestos, como la no significancia de los efectos de orden superior. La tabla 2.2.8 muestra el diseño factorial fraccionado dividido en dos bloques, donde cada fracción cuenta con ocho perfiles, se puede observar que la interacción de orden superior es idénticamente igual a -1 en la fracción A y 1 en la fracción B, por lo tanto, la interacción de orden superior es exactamente igual al intercepto.

Con todo lo anterior se requerían 16 situaciones hipotéticas para estimar los efectos principales de las variables de interés. Para no estresar a los encuestados al presentar un número tan elevado de preguntas, para la Encuesta 1 se realizaron 2 cuestionarios con 8 escenarios. Esta estrategia es útil porque además de reducir el tiempo de respuesta al cuestionario evita sesgos en las respuestas.

**Tabla 2.2.8 Diseño factorial fraccionado del cuestionario 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

|    | Costo  | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo  | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo  | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
|----|--------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|
| 1  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40 | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 2  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40 | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 3  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40 | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 4  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40 | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 5  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70 | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 6  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70 | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 7  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70 | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 8  | \$0,70 | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70 | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 9  | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40 | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 10 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40 | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 11 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40 | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 12 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40 | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 13 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70 | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 14 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70 | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 15 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70 | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25 | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 16 | \$0,70 | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70 | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25 | 15min-30min     | 10min-20min        |

**Partición A**

| P  | Aerovía |                 |                    | Bus intercantonal |                 |                    | Taxirutas |                 |                    |
|----|---------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo             | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo     | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 2  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40            | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 3  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40            | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 6  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70            | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 7  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70            | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 9  | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40            | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 12 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40            | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 13 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70            | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 16 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70            | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |

**Partición B**

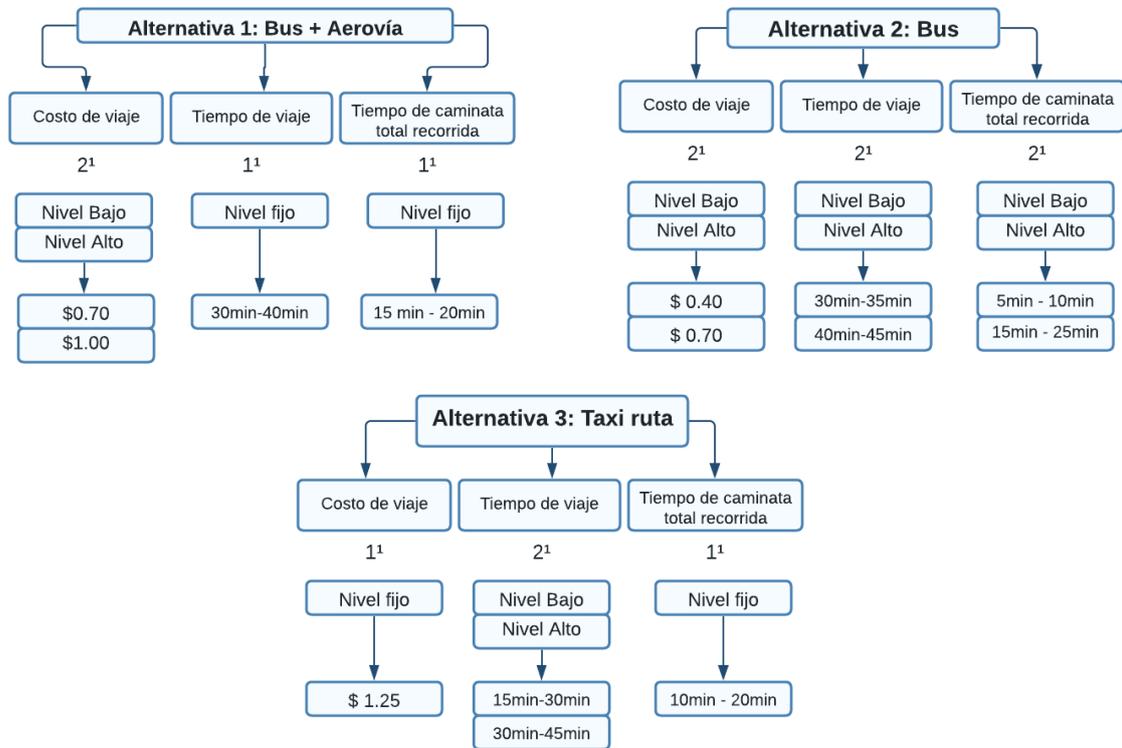
| P  | Aerovía |                 |                    | Bus intercantonal |                 |                    | Taxirutas |                 |                    |
|----|---------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo             | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo     | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 1  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40            | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 4  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,40            | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 5  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70            | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 8  | \$0,70  | 17 min          | 15min - 25min      | \$0,70            | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 10 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40            | 20min-25min     | 25min-35min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 11 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,40            | 25min-30min     | 25min-35min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 14 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70            | 20min-25min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 15 | \$0,70  | 17 min          | 10min - 15min      | \$0,70            | 25min-30min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |

Los cuestionarios de esta encuesta se encuentran en la Sección Anexos B, en las Ilustraciones B.4 y B.5

### ***2.2.2.2 Diseño del cuestionario de preferencias declaradas para grupo 2***

En el diseño del cuestionario 2 de la encuesta de preferencias declaradas, el contexto de selección es el mismo, pero está dirigido a un grupo de sujetos diferente al cuestionario 1, es decir, este cuestionario se entrega a los individuos (usuarios de Aerovía que toman al menos un modo de transporte para llegar a la E05 Durán) se les presenta un juego de elección considerando las alternativas de elección entre la **bus + Aerovía**, bus inter cantonal y el taxi ruta, seguidamente se seleccionaron los niveles de los atributos y de las combinaciones que componen cada alternativa. Así, el diseño factorial ortogonal de atributos de las alternativas de viaje debe responder al esquema de la ilustración 2.2.6

**Modelo experimental del grupo 2: Usuarios que toman un medio de transporte desde su origen en Durán para llegar a la estación E05 Durán**



**Ilustración 2.2.2 Diseño experimental en relación con las variables independientes (atributos de las alternativas) para la presentación de alternativas a los usuarios del grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

En la siguiente ilustración 2.2.7, podemos ver que, para cada alternativa, los niveles de cada atributo se combinan con cada nivel de todos los demás atributos, donde se muestra el número de perfiles a presentar en un diseño factorial sería de 2 perfiles para alternativa Aerovía, 8 perfiles para la alternativa bus y 2 para alternativa taxi ruta.

| <b>Alternativa 1: Bus + Aerovía</b> |              |                        |                           |
|-------------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                       | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| 1                                   | \$0,70       | 30min-40min            | 15min-20min               |
| 2                                   | \$1,00       | 30min-40min            | 15min-20min               |

| <b>Alternativa 2: Bus intercantonal</b> |              |                        |                           |
|---|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                           | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| 1                                       | \$0,40       | 30min-35min            | 15min-25min               |
| 2                                       | \$0,40       | 30min-35min            | 5min-10min                |
| 3                                       | \$0,40       | 40min-45min            | 15min-25min               |
| 4                                       | \$0,40       | 40min-45min            | 5min-10min                |
| 5                                       | \$0,70       | 30min-35min            | 15min-25min               |
| 6                                       | \$0,70       | 30min-35min            | 5min-10min                |
| 7                                       | \$0,70       | 40min-45min            | 15min-25min               |
| 8                                       | \$0,70       | 40min-45min            | 5min-10min                |

| <b>Alternativa 3: Taxi ruta</b> |              |                        |                           |
|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                   | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| 1                               | \$1,25       | 30min-45min            | 10min-20min               |
| 2                               | \$1,25       | 15min-30min            | 10min-20min               |

**Ilustración 2.2.3 Diseño factorial para el cuestionario 2 de preferencia declaradas.**

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez tenemos los perfiles de cada alternativa, descartamos los perfiles que, por configuración de sus atributos se convierten en las alternativas dominantes, estos corresponden al perfil 2,4,5 y 7 de la alternativa bus inter cantonal.

Los niveles de los atributos de los perfiles 2 y 4 quiere decir que los valores del costo de viaje, del tiempo de viaje en vehículo, y el tiempo de caminata serán cortos, lo que volverá a dicha alternativa más atractiva que cualquiera de las otras presentes en los bloques. Caso contrario el perfil 7 y 5, donde los niveles de los atributos son, costos alto y tiempos más largos, lo que vuelve a dicha alternativa la menos atractiva de todas.

**Tabla 2.2.9 Representación numérica del diseño factorial del cuestionario 2 de preferencia declaradas. [Fuente: Elaboración propia]**

| <b>Alternativa 1: Bus + Aerovía</b> |              |                        |                           |
|-------------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                       | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                            | -1           | 0                      | 0                         |
| <b>2</b>                            | 1            | 0                      | 0                         |

| <b>Alternativa 2: Bus intercantonal</b> |              |                        |                           |
|---|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                           | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                                | -1           | -1                     | 1                         |
| <b>3</b>                                | -1           | 1                      | 1                         |
| <b>6</b>                                | 1            | -1                     | -1                        |
| <b>8</b>                                | 1            | 1                      | -1                        |

| <b>Alternativa 3: Taxi ruta</b> |              |                        |                           |
|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------|
| <b>Perfil</b>                   | <b>Costo</b> | <b>Tiempo de viaje</b> | <b>Tiempo de Caminata</b> |
| <b>1</b>                        | 0            | 1                      | 0                         |
| <b>2</b>                        | 0            | -1                     | 0                         |

De la misma forma que el cuestionario 1, una vez que se eliminan las alternativas dominantes, los niveles de cada atributo se representan numéricamente mediante el método de codificación ortogonal (tabla 2.2.9). Y finalmente, se realizan todas las combinaciones posibles de los perfiles restantes para diseñar los juegos de elección, estos son mostrados en la tabla 2.2.10.

**Tabla 2.2.10 Efectos en el diseño factorial completo del cuestionario 2. [Fuente: Elaboración propia]**

| Perfiles | P  | Alternativas  |    |    |                   |    |    |           |    |    |                            |
|----------|----|---------------|----|----|-------------------|----|----|-----------|----|----|----------------------------|
|          |    | Bus + Aerovía |    |    | Bus intercantonal |    |    | Taxi ruta |    |    | Orden Superior             |
|          |    | cost          | tv | tc | cost              | tv | tc | cost      | tv | tc | cost x cost x tv x tc x tv |
| 1,1,1    | 1  | -1            | 0  | 0  | -1                | -1 | 1  | 0         | 1  | 0  | -1                         |
| 1,1,2    | 2  | -1            | 0  | 0  | -1                | -1 | 1  | 0         | -1 | 0  | 1                          |
| 1,3,1    | 3  | -1            | 0  | 0  | -1                | 1  | 1  | 0         | 1  | 0  | 1                          |
| 1,3,2    | 4  | -1            | 0  | 0  | -1                | 1  | 1  | 0         | -1 | 0  | -1                         |
| 1,6,1    | 5  | -1            | 0  | 0  | 1                 | -1 | -1 | 0         | 1  | 0  | -1                         |
| 1,6,2    | 6  | -1            | 0  | 0  | 1                 | -1 | -1 | 0         | -1 | 0  | 1                          |
| 1,8,1    | 7  | -1            | 0  | 0  | 1                 | 1  | -1 | 0         | 1  | 0  | 1                          |
| 1,8,2    | 8  | -1            | 0  | 0  | 1                 | 1  | -1 | 0         | -1 | 0  | -1                         |
| 2,1,1    | 9  | 1             | 0  | 0  | -1                | -1 | 1  | 0         | 1  | 0  | 1                          |
| 2,1,2    | 10 | 1             | 0  | 0  | -1                | -1 | 1  | 0         | -1 | 0  | -1                         |
| 2,3,1    | 11 | 1             | 0  | 0  | -1                | 1  | 1  | 0         | 1  | 0  | -1                         |
| 2,3,2    | 12 | 1             | 0  | 0  | -1                | 1  | 1  | 0         | -1 | 0  | 1                          |
| 2,6,1    | 13 | 1             | 0  | 0  | 1                 | -1 | -1 | 0         | 1  | 0  | 1                          |
| 2,6,2    | 14 | 1             | 0  | 0  | 1                 | -1 | -1 | 0         | -1 | 0  | -1                         |
| 2,8,1    | 15 | 1             | 0  | 0  | 1                 | 1  | -1 | 0         | 1  | 0  | -1                         |
| 2,8,2    | 16 | 1             | 0  | 0  | 1                 | 1  | -1 | 0         | -1 | 0  | 1                          |

Similar al cuestionario 1, se calcula la columna INTERACCIÓN DE ORDEN SUPERIOR que se muestra en la tabla 2.2.11, que resulta de multiplicar las columnas, costo de la alternativa bus + Aerovía, con el costo de viaje, tiempo de viaje en vehículo y tiempo de caminata de la alternativa bus, y tiempo de viaje en vehículo de la alternativa taxi ruta, como se puede visualizar en la ecuación (2.4).

$$C_{Bus+Aerovía} \times C_{Bus} \times tv_{Bus} \times tc_{Bus} \times tv_{Taxiruta} \quad (2.4)$$

La ilustración 2.2.10 muestra el diseño factorial fraccionado dividido en dos bloques, donde cada fracción cuenta con ocho perfiles, se puede observar que la interacción de orden superior es idénticamente igual a -1 en la fracción A y 1 en la fracción B, por lo tanto, la interacción de orden superior es exactamente igual al intercepto.

Con todo lo anterior se requerían 16 situaciones hipotéticas para estimar los efectos principales de las variables de interés. Para no estresar a los encuestados al presentar un número tan elevado de preguntas, para la Encuesta 1 se realizaron 2

cuestionarios con 8 escenarios. Esta estrategia es útil porque además de reducir el tiempo de respuesta al cuestionario evita sesgos en las respuestas.

**Tabla 2.2.11 Diseño factorial fraccionado del cuestionario 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| P  | Bus + Aerovía |                 |                    | Bus intercantonal |                 |                    | Taxi ruta |                 |                    |
|----|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | Costo         | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo             | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo     | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 1  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 2  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 3  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 4  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 5  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 6  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 7  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 8  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 9  | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 10 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 11 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 12 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 13 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 14 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 15 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 16 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |

| P  | Bus + Aerovía |                 |                    | Bus intercantonal |                 |                    | Taxirutas |                 |                    |
|----|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | Costo         | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo             | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo     | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 1  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 4  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 5  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 8  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 10 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 12 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 14 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 15 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |

| P  | Bus + Aerovía |                 |                    | Bus intercantonal |                 |                    | Taxirutas |                 |                    |
|----|---------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|--------------------|
|    | Costo         | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo             | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata | Costo     | Tiempo de viaje | Tiempo de Caminata |
| 2  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 3  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 6  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |
| 7  | \$0,70        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 9  | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 30min-35min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 11 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,40            | 40min-45min     | 15min-25min        | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 13 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 30min-35min     | 5min-10min         | \$1,25    | 30min-45min     | 10min-20min        |
| 16 | \$1,00        | 30min-40min     | 15min-20min        | \$0,70            | 40min-45min     | 5min-10min         | \$1,25    | 15min-30min     | 10min-20min        |

Los cuestionarios de esta encuesta se encuentran en la Sección Anexos B, en las Figuras B.6 y B.7

## **2.3 Recopilación de datos**

En esta sección se explicará cómo se determinó una muestra representativa para cada una de las encuestas realizadas en esta tesis.

De acuerdo con Ortuzar menciona que, las encuestas de viajes se basan en un tipo específico de muestra que, en el caso de este estudio, incluyó a usuarios cotidianos de la Aerovía. Sin embargo, incluso si todos los viajeros pudieran ser encuestados sobre un servicio en un día determinado, esta muestra solo sería parcial ya que involucra a viajeros de un día, semana, mes o año específico. El desafío, por lo tanto, es determinar la estrategia de muestreo y el tamaño que permitan extraer conclusiones razonables, sin gastar demasiados recursos en la recopilación de los datos.

Al igual que la encuesta de opinión sobre las características de viaje, al diseñar un experimento PD, conceptos tales como la composición de la muestra y su tamaño son muy importantes. El requisito previo, común a la primera encuesta de opinión, es tener una muestra suficientemente grande y representativa de la población objetivo de estudio. Por otra parte, los estudios PD son estadísticamente eficientes, lo que significa que cada encuestado no produce una única observación sino varias en el mismo contexto de elección. Por tanto, en esta tesis se propone un tamaño muestral igual tanto, para la encuesta preliminar de opinión “Características de viajes” y encuesta de preferencias declaradas “Elección de modo de transporte bajo situaciones hipotéticas”.

### **2.3.1 Población y muestra**

La población objetivo en esta investigación son los usuarios del sistema de transporte público Aerovía, por lo tanto, se considera una población infinita, ya que no se conoce el número exacto de usuarios del sistema mencionado. Para calcular la muestra asumiendo que la población es infinita, se utiliza la ecuación (2.5):

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2} \quad (2.5)$$

$z$  = Nivel de confianza 95%

$p$  = Probabilidad de éxito 50%

$q$  = Probabilidad de fracaso 50%

$e$  = Margen de error 5%

Cálculo de la muestra

$$n = \frac{(1.96)^2(0.50)(0.50)}{(0.05)^2}$$
$$n = 384$$

Para el cálculo muestral se consideró un nivel de confianza ( $Z$ ) del 95%, que corresponde a un valor de 1.96. Además, se consideró un margen de error del 5% junto a una probabilidad de éxito y fracaso del 50%, que resulta en 384 personas como parte de la muestra.

### **2.3.2 Métodos de recolección de datos para la encuesta PD.**

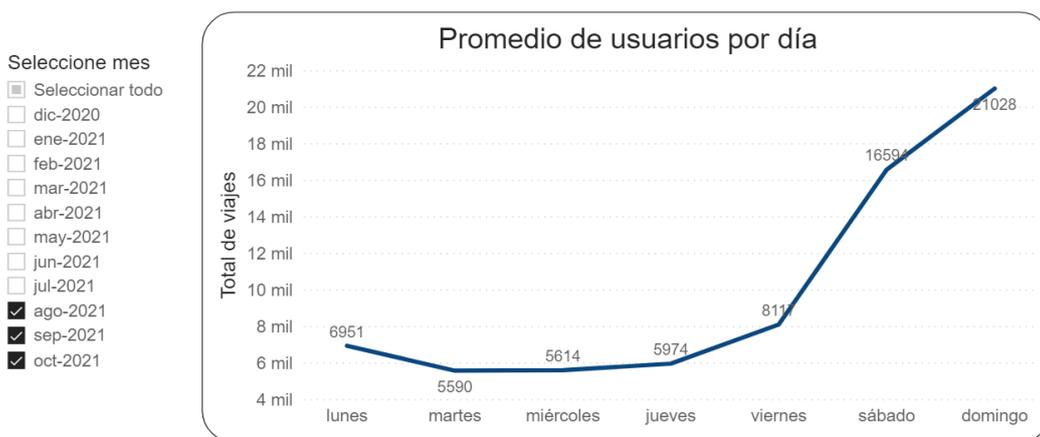
La tarea de la investigación requería determinar el método más apropiado de recolección de datos. A continuación, se discutió brevemente algunas consideraciones prácticas con respecto a la duración y lugar de estudio para la aplicación de la encuesta de preferencias declaradas.



**Ilustración 2.3.1 Grafico de usuarios de Aerovía por estación y por día. [Fuente: Elaboración Propia]**

La primera decisión fue limitar el área de estudio al elegir a la E05 Durán como punto estratégico para la aplicación de la encuesta, dado que, de acuerdo la ilustración 2.3.1 en los días laborables (lunes, martes, miércoles y jueves) de los meses del año 2021 (agosto septiembre y octubre) muestra que una proporción significativa de viajes tiene su origen y destino en E05 Durán.

Además, al aplicar la encuesta preliminar para conocer las características de los viajes, en los resultados obtenidos, se pudo observar que el 70% de los viajes realizados en el tramo Durán – Guayaquil, la mayoría de estos viajes son de usuarios que desde su origen hasta llegar a su destino usan la combinación Camino-Aerovía-Camino y Camino-Bus-Aerovía-Camino. Esto puede deberse a que en Durán se ha definido un sistema de transporte (rutas de buses) para ayudar a los pobladores a llegar a la estación de Aerovía.



**Ilustración 2.3.2 Promedio de usuarios por día. [Fuente: Elaboración propia]**

En la ilustración 2.3.2 por medio del análisis estadístico con datos proporcionados por Aerovía para los meses de agosto, septiembre y octubre 2021, se muestra que las condiciones de la demanda de viajes durante la semana laboral son menores que fines de semana.

En base a la ilustración 2.3.1 se discutió lugares y fechas para realizar la encuesta de opinión y la de preferencias declaradas.

- La aplicación de la encuesta de opinión se llevó a cabo el 10 de diciembre del 2021, el viernes dado que dentro de la semana laboral es el día donde se genera la mayor cantidad de viajes. Los horarios de aplicación del cuestionario fueron desde las 7h00 AM hasta 16h30PM.
- La aplicación de la encuesta de preferencias declaradas se llevó a cabo la primera semana de enero, del 4 al 7 de enero 2022 que comprenden días dentro de la semana laboral. La encuesta tuvo una duración desde las 7h00 AM hasta 17h00PM para cada día.

### **2.3.3 Instrumento de recolección de datos**

Para este estudio se utilizaron las técnicas de encuesta, y la principal herramienta básica utilizada en la investigación por encuestas es el cuestionario, que es un documento que organiza la recolección de indicadores de variables relevantes, en relación con el propósito de la investigación.

Recuerde que, la palabra “encuesta” se utiliza para representar todo el proceso que se está llevando a cabo, mientras que la palabra “cuestionario” se limita a un formulario que contiene preguntas destinadas a los sujetos en estudio (Rojas Tejada, Fernández Prados, & Pérez Meléndez, 1998).

Los cuestionarios para la encuesta de opinión y preferencias declaradas fueron diseñados de forma que minimice la carga del entrevistado, que logre la máxima tasa de respuesta y, por tanto, mayor precisión de los datos.

- El objetivo de la encuesta de opinión fue conocer las características de los viajes de los usuarios de Aerovía, evaluando la experiencia de viaje actual, orígenes, destinos, información sociodemográfica y usar esta información para identificar las variables a evaluar en la encuesta de preferencias declaradas. La encuesta de opinión que recolectó la información de interés se encuentra en la sección Anexos A.
- En cuanto a la encuesta de preferencia declaradas se dirigió al mismo grupo objetivo que la encuesta de opinión, es decir usuarios de Aerovía en la estación E05 Aerovía de Durán, pero solo aquellos que viajaban en el trayecto Durán - Guayaquil.

En esta encuesta se realizó un juego de elección en el cual los sujetos eran expuestos a elegir entre tres modos de transporte. Dicho juego tenía por objetivo identificar las variables que fueron significativas para los usuarios de Aerovía al momento de elegir un modo de transporte.

En segundo lugar, se buscó explorar las diferencias entre el grupo usuarios que caminan a la E05 Durán (es decir, que viven en zonas cercanas de la E05 de Durán como Abel Gilbert) y el grupo de usuarios que viven en zonas muy distantes (como el Recreo) a la E05 de Durán y que toman un modo de transporte (bus) para llegar a la misma. Para cumplir con ello se elaboró dos cuestionarios de preferencias declaradas para cada grupo, en donde se puso a los encuestados varias situaciones de elección para cuantificar dichas variables de interés.

Los datos se recolectaron de manera presencial, Y para obtener la mejor experiencia posible, la encuesta fue diseñada en dos hojas de papel, donde en la primera hoja se presentaban preguntas con respecto a la información sociodemográfica y de viaje, la misma ayudaba a ubicar a que grupo pertenecía el encuestado y en segunda hoja mostraban la parte de los escenarios a los que se enfrenta el sujeto de acuerdo con su grupo.

## **2.4 Especificación del modelo**

El objetivo de la modelación es determinar qué factores ayudan a explicar la elección de un modo de transporte sobre otros y cómo estos difieren entre los 2 grupos estudiados: El grupo 1, que incluye a los usuarios que caminan a la estación E05 Durán; y el grupo 2 que corresponde a los usuarios que toman un medio de transporte desde su lugar de origen en Durán hasta llegar a la estación E05 Durán.

Para representar la elección de los modos de transporte, es necesario establecer aquellas variables que serán incluidas en los diferentes modelos de elección discreta. Ya que no sería adecuado incluir todas las variables disponibles directamente en el modelo,

porque se obtendrían modelos poco realistas y supondrían un coste computacional innecesario.

Las variables para analizar se obtuvieron posterior a los análisis cuantitativos de la información proporcionada por Aerovía y el análisis estadístico de la información recolectada en la encuesta de opinión. Por estas razones, en el modelo se decidió introducir variables asociadas a características del individuo (edad, género, ingreso, propósito de viaje) y características del modo de transporte (costo de viaje, tiempo de viaje, tiempo de caminata). Las razones por las que se examinan estas variables se detallan a continuación:

- **Edad:** Con base en las estadísticas dadas en la encuesta de opinión se encuentra que, dependiendo del grupo de edad, la preferencia por los medios de transporte cambia.
- **Ingreso mensual del hogar:** El nivel socioeconómico incide directamente en el modo de transporte seleccionado; esta conclusión se extrae de los resultados del análisis cuantitativo en la encuesta de opinión.
- **Propósito de viaje:** La demanda de transporte es una demanda derivada, ya que surge de la necesidad de realizar algún propósito en particular (Ortúzar, 2012). No obstante, para este estudio es de alta importancia interpretar el propósito de un viaje según la elección de un modo de transporte.
- **Costo de viaje:** Esta variable se toma en cuenta porque es necesario saber cómo afecta el valor para el acceso al sistema de transporte. Investigaciones anteriores han seguido esta combinación de variables, porque se sabe por experiencia que el costo influye mucho en las elecciones de las personas (Ortúzar, 2012).
- **Tiempo de viaje en vehículo:** Esta variable es considerada de manera posterior a la encuesta de opinión en la que se mostró una gran relevancia a esta variable. En general, las personas prefieren un medio de transporte que los lleve rápido a

su destino, por lo que es necesario determinar si esta variable es la razón por la cual las personas eligen el transporte en este estudio (Ortúzar, 2012).

- **Tiempo de caminata:** El tiempo de caminata total recorrido se define como la facilidad para alcanzar el sistema de transporte público desde el punto de origen, así como alcanzar el destino final desde el sistema de transporte seleccionado. (Fernández Aguilera, 2014)

Luego de seleccionar las variables a utilizar, se planteó tres modelos Logit Multinomial para cada grupo de estudio, en los cuales las diferentes variables con sus respectivos parámetros fueron progresivamente integradas. A continuación, se presentan las funciones de utilidad sistemática de los diferentes MNL propuestos para este estudio:

## **Modelo**

Este modelo plantea que la utilidad sistemática de la Aerovía, del bus intraprovincial y de los denominados taxirutas, se ven afectados de manera similar por el costo, tiempo de viaje y tiempo de caminata. Además, se agrega las variables sociodemográficas como ingresos, género, edad y propósito de viaje para determinar si estos influyen en la elección hacia un modo de transporte. Para finalizar se considera la constante para cada alternativa, ya que según Ortuzar (2012) dicha constante específica puede interpretarse como la representación de la influencia neta de todas las características tanto del individuo como de la alternativa de transporte, las cuales no se encuentran explícitamente incluidas en dichas funciones de utilidades. Esta constante específica puede incluir, elementos tales como el confort o la seguridad, que son variables nada fáciles de medir y evaluar.

## Funciones de utilidad para el grupo 1: Usuarios que caminan a la estación E05 Durán

### Modelo 1

Se propuso un modelo básico, en el que la utilidad sistemática del bus, taxi y Aerovía se ven afectadas por igual, por el costo, tiempo de viaje y caminata, para determinar si estos influyen en la elección de las personas hacia un modo de transporte.

$$V_{Aerovia} = \beta_{costo} AEROVIA\_COST + \beta_{tiempo} TT\_AEROVIA + \beta_{caminar} WT\_AEROVIA \quad (2.6)$$

$$V_{Bus} = ASC_{Bus} + \beta_{costo} BUS\_COST + \beta_{tiempo} TT\_BUS + \beta_{caminar} WT\_BUS \quad (2.7)$$

$$V_{taxiruta} = ASC_{taxiruta} + \beta_{costo} TAXIRUTA\_COST + \beta_{tiempo} TT\_TAXIRUTA + \beta_{caminar} WT\_TAXIRUTA \quad (2.8)$$

### Modelo 2

El modelo dos tomo como base el modelo básico, sin embargo, se consideró las variables costo, tiempo de viaje y tiempo de caminata como atributo específico para las tres alternativas, pues se esperaba que estas variables afecten de forma distinta a las utilidades.

$$V_{Aerovia} = \beta_{costo\_Aerovia} AEROVIA\_COST + \beta_{tiempo\_Aerovia} TT\_AEROVIA + \beta_{caminar\_Aerovia} WT\_AEROVIA \quad (2.9)$$

$$V_{Bus} = ASC_{Bus} + \beta_{costo\_bus} BUS\_COST + \beta_{tiempo\_bus} TT\_BUS + \beta_{caminar\_bus} WT\_BUS \quad (2.10)$$

$$V_{taxiruta} = ASC_{taxiruta} + \beta_{costo\_taxi} TAXIRUTA\_COST + \beta_{tiempo\_taxi} TT\_TAXIRUTA + \beta_{costo\_taxi} WT\_TAXIRUTA \quad (2.11)$$

### Modelo 3

Por último, el modelo tres, incorporó las variables sociodemográficas de los encuestados adicional de las variables que se propuso en el modelo dos, las cuales corresponden a edad, genero, ingresos mensuales del hogar y el propósito de viaje por trabajo. Con la finalidad de determinar si esta variable afecta significativamente a dicha utilidad, pues se esperaría que las personas con ingresos altos elijan a los taxirutas como medio de transporte. Y además se puede deducir que los usuarios escogen un medio de transporte de acuerdo con el propósito de su viaje o que los usuarios escogen un medio de transporte de acuerdo con su edad y género.

$$\begin{aligned} V_{Aerovia} = & \beta_{costo\_Aerovia} AEROVIA\_COST + \beta_{tiempo\_Aerovia} TT\_AEROVIA \\ & + \beta_{caminar\_Aerovia} WT\_AEROVIA \\ & + \beta_{propose\_Aerovia\_job} purposeoftravel + \beta_{age\_Aerovia} agegroup \\ & + \beta_{income\_Aerovia} incomegroup + + \beta_{gen\_Aerovia} gender \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} V_{Bus} = & ASC_{Bus} + \beta_{costo\_bus} BUS\_COST + \beta_{tiempo\_bus} TT\_BUS + \beta_{caminar\_bus} WT\_BUS \\ & + \beta_{propose\_bus\_job} purposeoftravel + \beta_{age\_bus} agegroup \\ & + \beta_{income\_bus} incomegroup + + \beta_{gen\_bus} gender \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} V_{taxiruta} = & ASC_{taxiruta} + \beta_{costo\_taxi} TAXIRUTA\_COST + \beta_{tiempo\_taxi} TT\_TAXIRUTA \\ & + \beta_{costo\_taxi} WT\_TAXIRUTA + \beta_{propose\_taxi\_job} purposeoftravel \\ & + \beta_{age\_taxi} agegroup + \beta_{income\_taxi} incomegroup \\ & + + \beta_{gen\_taxi} gender \end{aligned} \quad (2.14)$$

## Funciones de utilidad para el grupo 2: Usuarios que toman un medio de transporte para llegar a E05 Durán.

A continuación, se presentaron tres modelos Logit multinomiales, en los cuales se incorporaron las mismas variables que en modelos de función de utilidad del grupo uno, pero para este grupo posee alternativas de modo de transporte diferente, ya que se presenta la alternativa combinación alimentador y Aerovía, que en el grupo uno se presentó como la alternativa Aerovía.

### Modelo 1

Se planteo un modelo básico, en el que la utilidad sistemática del bus, taxi y la alternativa “alimentador & Aerovía” se ven afectadas por igual, por el costo, tiempo de viaje y caminata.

$$\begin{aligned} V_{\text{alimentador\_Aerovía}} &= \beta_{\text{costo}} \text{AEROVIA\_COST} + \beta_{\text{tiempo}} \text{TT\_AEROVIA} \\ &+ \beta_{\text{caminar}} \text{WT\_AEROVIA} \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$V_{\text{Bus}} = \text{ASC}_{\text{Bus}} + \beta_{\text{costo}} \text{BUS\_COST} + \beta_{\text{tiempo}} \text{TT\_BUS} + \beta_{\text{caminar}} \text{WT\_BUS} \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} V_{\text{taxiruta}} &= \text{ASC}_{\text{taxiruta}} + \beta_{\text{costo}} \text{TAXIRUTA\_COST} + \beta_{\text{tiempo}} \text{TT\_TAXIRUTA} \\ &+ \beta_{\text{caminar}} \text{WT\_TAXIRUTA} \end{aligned} \quad (2.17)$$

### Modelo 2

El modelo dos tomo como base el modelo básico, sin embargo, se consideró las variables costo, tiempo de viaje y tiempo de caminata como atributo específico para las tres alternativas.

$$V_{alimentador\_Aerovía} = \beta_{costo\_Aerovía}AEROVIA\_COST + \beta_{tiempo\_Aerovía}TT\_AEROVIA + \beta_{caminar\_Aerovía}WT\_AEROVIA \quad (2.18)$$

$$V_{Bus} = ASC_{Bus} + \beta_{costo\_bus}BUS\_COST + \beta_{tiempo\_bus}TT\_BUS + \beta_{caminar\_bus}WT\_BUS \quad (2.19)$$

$$V_{taxiruta} = ASC_{taxiruta} + \beta_{costo\_taxi}TAXIRUTA\_COST + \beta_{tiempo\_taxi}TT\_TAXIRUTA + \beta_{costo\_taxi}WT\_TAXIRUTA \quad (2.20)$$

### Modelo 3

Por último, el modelo tres, incorporaron variables sociodemográficas de los encuestados adicional de las variables que se propusieron en el modelo dos, las cuales corresponden a edad, genero, ingresos mensuales del hogar y el propósito de viaje por trabajo.

$$V_{alimentador\_Aerovía} = \beta_{costo\_Aerovía}AEROVIA\_COST + \beta_{tiempo\_Aerovía}TT\_AEROVIA + \beta_{caminar\_Aerovía}WT\_AEROVIA + \beta_{propose\_Aerovía\_job}purposeoftravel + \beta_{age\_Aerovía}agegroup + \beta_{income\_Aerovía}incomegroup + \beta_{gen\_Aerovía}gender \quad (2.21)$$

$$V_{Bus} = ASC_{Bus} + \beta_{costo\_bus}BUS\_COST + \beta_{tiempo\_bus}TT\_BUS + \beta_{caminar\_bus}WT\_BUS + \beta_{propose\_bus\_job}purposeoftravel + \beta_{age\_bus}agegroup + \beta_{income\_bus}incomegroup + \beta_{gen\_bus}gender \quad (2.22)$$

$$V_{taxiruta} = ASC_{taxiruta} + \beta_{costo\_taxi}TAXIRUTA\_COST + \beta_{tiempo\_taxi}TT\_TAXIRUTA + \beta_{costo\_taxi}WT\_TAXIRUTA + \beta_{propose\_taxi\_job}purposeoftravel + \beta_{age\_taxi}agegroup + \beta_{income\_taxi}incomegroup + \beta_{gen\_taxi}gender \quad (2.23)$$

## **2.5 Limitaciones de la tesis**

Aunque la metodología desarrollada en este estudio pudo lograr los objetivos establecidos, estuvo sujeta a limitaciones propias de la naturaleza del contexto de decisión del diseño experimental y de la modelación.

A continuación, se mencionan las limitaciones identificadas en esta tesis:

**Costo de obtención de la información:** Esta constituyó la principal limitación, debido a que la recolección de datos no solo requirió de disponer de personal en campo, encuestas impresas, bolígrafos, entre otros, por ello se optó por la aplicación de la encuesta en un único paradero, que corresponde a la estación E05 Durán donde se hicieron los experimentos para la encuesta de opinión y encuesta de preferencia declaradas. Es importante resaltar que la encuesta de preferencias declaradas se llevó a cabo fortuitamente en medio de la pandemia por COVID-19 en un periodo de aumento de la tasa de contagios.

**Representatividad:** Debido a que los recursos de la investigación fueron limitados, esta situación llevó a que la aplicación del cuestionario de opinión y de preferencias declaradas se realizarán en la estación E05 Durán, donde solo se entrevistaron a los que usaban sistema Aerosuspendido (no se incluyeron a los que no usaban el sistema).

## **2.6 Uso de software**

Para el presente proyecto se hará el uso de dos herramientas que sean aptas para realizar las actividades que requiere el proyecto. Estas son:

### **2.6.1 Actividad 1**

Analizar los datos de manera descriptiva sobre la demanda actual de la Aerovía, para ello se utilizó el software POWER BI que permite visualizar la información estudiada mediante gráficos estadísticos.

## **Visualización de Datos**

### **Microsoft Power BI**

Es una aplicación que brinda servicios de inteligencia de negocios, principalmente debido a que permite a la empresa recolectar, administrar, elaborar objetos visuales, como gráficos o grafos que brindan representaciones visuales de los datos. Como elemento adicional, Power BI da la capacidad de elaborar informes visuales en una o varias páginas del informe por medio de una interfaz sencilla de usar. Se puede modelizar la información y presentarla través de paneles e informes, además de que la información se puede importar desde fuentes como Excel, Dynamics CRM, Dynamics NAV, SAP, MailChimp, Salesfoce, Facebook, Google Analytics, SQL Server o de datos externos (Makesoft Technologies, 2017).

### **2.6.2 Actividad 2**

Evaluar las respuestas de los encuestados para estimar cada atributo utilizando el modelo de elección discreta Logit Multinomial MND en Python, que permite el desarrollo de recomendaciones y políticas vinculadas a los atributos que más valoran los usuarios de la Aerovía.

### **Lenguaje de programación Python**

Python es un lenguaje de programación de código abierto, en el cual es posible desarrollar software sin ninguna limitación. Sus orígenes se sitúan a principios de los 90 de la mano de Guido Van Rossum quien se planteó crear un nuevo lenguaje de programación basado en el lenguaje de programación ABC. A lo largo de los años y la creación de bibliotecas como Numpy Pandas y Biogeme, Python amplio sus usos en áreas como machine learning, blockchain, transporte y data science. (Santander Universidades, 2021)

### **Librería para modelamiento del modelo Logit**

Biogeme es un paquete Python de código abierto diseñado para la estimación de máxima verosimilitud de modelos paramétricos en general, con especial énfasis en los modelos de elección discreta. Se basa en el paquete Python Data Analysis Library llamado Pandas.(Bierlaire, 2021)

## 2.7 Cronograma de trabajo

El siguiente diagrama de Gantt detalla cada actividad realizada junto con su duración:

**Tabla 2.7.1 Cronograma de actividades**

*Cronograma de actividades. (Fuente: elaboración propia)*

| Actividades  | Fecha      |            | Duración [días] | Meses /Semanas |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
|--|------------|------------|-----------------|----------------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|-------|---|---|---|---|--|--|
|  | Inicio     | Fin        |                 | Octubre        |   |   |   | Noviembre |   |   |   | Diciembre |   |   |   | Enero |   |   |   |   |  |  |
|  |            |            |                 | 1              | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 | 1         | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 |   |   |  |  |
| Entrevista con el Administrador de Aerovía                 | 1/10/2021  | 2/10/2021  | 1               | ■              |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Identificación de problemática                             | 4/10/2021  | 6/10/2021  | 1               | ■              |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Levantamiento de Datos                                     | 8/10/2021  | 15/10/2021 | 7               | ■              | ■ |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Análisis de Datos para conocer el estado actual de Aerovía | 18/10/2021 | 22/10/2021 | 5               |                |   | ■ | ■ | ■         | ■ | ■ |   |           |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Definir modelos y atributos a evaluar mediante encuesta    | 3/11/2021  | 12/11/2021 | 7               |                |   |   | ■ | ■         | ■ | ■ | ■ | ■         |   |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Diseño de cuestionario de preferencia declaradas           | 22/11/2021 | 26/11/2021 | 5               |                |   |   |   |           | ■ | ■ | ■ | ■         | ■ |   |   |       |   |   |   |   |  |  |
| Aplicación de encuesta                                     | 6/12/2021  | 14/12/2021 | 8               |                |   |   |   |           |   |   |   |           | ■ | ■ | ■ | ■     | ■ | ■ | ■ |   |  |  |
| Tabulación de datos recolectados                           | 15/12/2021 | 17/12/2021 | 2               |                |   |   |   |           |   |   |   |           |   | ■ | ■ |       |   |   |   |   |  |  |
| Aplicación del modelo MNL                                  | 20/12/2021 | 23/12/2021 | 4               |                |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   | ■ | ■     | ■ | ■ |   |   |  |  |
| Análisis de resultados obtenidos                           | 26/12/2021 | 30/12/2021 | 2               |                |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       | ■ | ■ |   |   |  |  |
| Conclusiones del análisis                                  | 3/1/2021   | 5/1/2021   | 2               |                |   |   |   |           |   |   |   |           |   |   |   |       |   |   | ■ | ■ |  |  |

Como se puede observar, el diseño del cuestionario para la encuesta correspondiente es una de las actividades que más tiempo requirió porque se tuvieron que identificar qué atributos evaluar. Otra actividad que lleva más tiempo es la aplicación de la encuesta para la recolección de datos y posterior aplicación del modelo Logit Multinomial, con el fin de analizar los resultados alineados a los objetivos planteados y concluir.

## **2.8 Consideraciones éticas y legales**

A través de este trabajo de investigación se establece el compromiso de compartir, con la administración de la Aerovía, el plan de investigación que permitirá conseguir los formularios apropiados, las instrucciones y los instrumentos de recolección de datos para la respectiva aprobación de las partes involucradas en el estudio.

Cláusulas de recolección de datos de la encuesta:

1. **Consentimiento voluntario:** Se refiere al consentimiento para participar en las encuestas de investigación, que únicamente es válido si se aprueba forma voluntaria, sin coerción, influencia excesiva o presión.
2. **Inclusión social:** Se refiere a libre participación de la ciudadanía para llenar la encuesta, indistintamente de su estrato social, género, creencias religiosas, orientación sexual, identificación racial/étnica, entre otros, a fin de combatir la estigmatización, discriminación o prejuicios.
3. **Privacidad y datos confidenciales:** Se refiere a los derechos de los encuestados a reservarse información personal o privada.
4. **Datos anónimos:** Se refieren a los datos colectados sin asociaciones personales de los encuestados, pues las preocupaciones de carácter ético y legal acerca de la confidencialidad pueden fácilmente resolverse obteniendo únicamente datos anónimos de los participantes en la investigación.
5. **Confidencialidad:** Se refiere a la obligación que tiene el investigador a limitar el acceso de la información personal o identificable de los participantes en la investigación, únicamente a la administración de la Aerovía.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Análisis de información recopilada de preferencias declaradas

Partiendo del propósito de este estudio, relacionado con conocer la preferencia del usuario respecto a la elección del modo de transporte más conveniente para realizar su traslado desde Durán a Guayaquil, se procedió a realizar dos tipos de cuestionarios cuyos resultados se presentan a continuación:

#### Resultados de Grupo 1

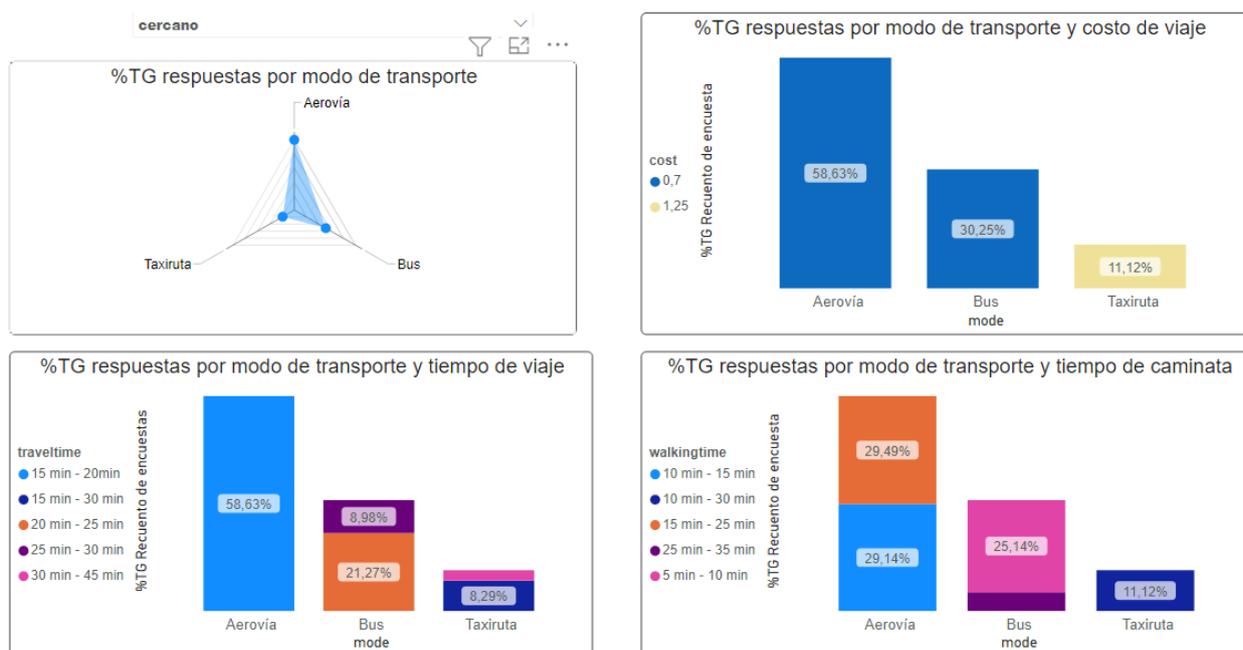


Ilustración 3.1.1 Modo de Transporte seleccionado y sus características grupo 1.

[Fuente: Elaboración Propia]

En la ilustración 3.1.1 se evidencia que las personas que viven cerca de la estación E05 Durán, eligieron realizar el traslado usando la Aerovía como medio de transporte principal. Prefiriendo así tiempos de viajes menores comparándolos con los medios de transporte bus intraprovincial y los taxirutas. Un aspecto importante que considerar es que los encuestados le dan mayor importancia a la variable de tiempo de

viaje, esta situación se ve evidente en el grafico con nombre %TG respuestas por modo de transporte y tiempo; en el cual se hace presente que los encuestados que eligen Aerovía tienen un tiempo de viaje menor, pero poseen un tiempo de caminata mayor comparándolos con los medios de transporte restantes.

## **Relación estadística entre las variables**

Para alcanzar los objetivos planteados en este estudio, es necesario conocer si las variables estudiadas influyen en la elección del modo de transporte. En esta sección se presentan los estadísticos realizados, comenzando con el análisis para determinar la relación entre las variables utilizando la tabla de contingencia combinada con la aplicación de la prueba de independencia chi-cuadrado, seguido del coeficiente V de Cramer, que mide la magnitud de esta. Para una mejor presentación, se generaron gráficos de barras apiladas entre las variables categóricas analizadas. Estos gráficos facilitan la comparación de la frecuencia de cada categoría con el total.

Cabe señalar que se realizó la prueba de independencia chi-cuadrado en Microsoft Excel, donde las respuestas obtenidas se expresan como probabilidades. Según López Roldán y Fachelli (2015), los supuestos en este caso particular se comparan de la siguiente manera:

Si  $Pr(\chi_0^2) \geq 0.05$ , aceptar la hipótesis nula de que las variables son independientes.

Si  $Pr(\chi_0^2) < 0.05$ , rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa de que existe asociación entre las variables.

Finalmente, se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula si el valor de significancia asintótica o p-value obtenido es mayor o igual a 0.05. De este modo se presentan los resultados de la tabla de contingencia de referencia, la prueba de chi-cuadrado y los valores del coeficiente V de Cramer.

## **Variables: Elección – Motivo de viaje**

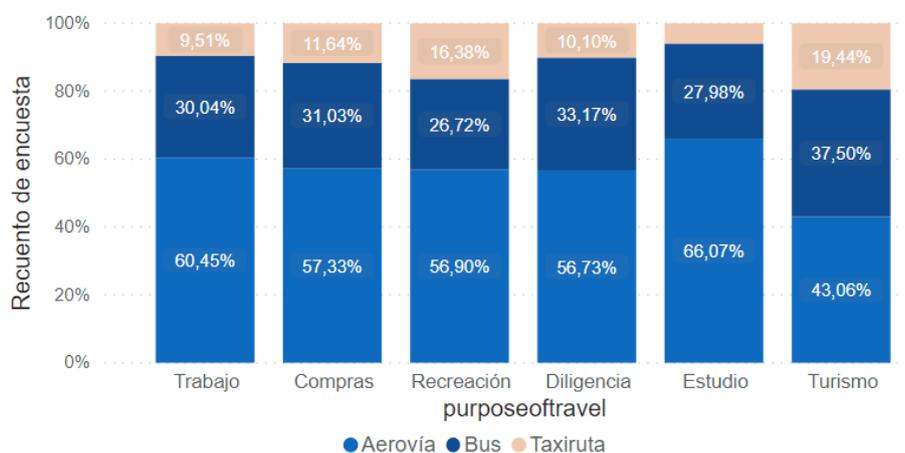
$H_0$  = Las Variables son de elección y motivo de viaje son independientes.

$H_1$  = Las Variables son de elección y motivo de viaje son dependientes y presentan una asociación.

**Tabla 3.1.1** Tabla de contingencia y prueba chi-cuadrado entre elección y motivo de viaje. [Fuente: Elaboración Propia]

|                                |            | ELECCIÓN     |            |                | Total       |
|--------------------------------|------------|--------------|------------|----------------|-------------|
|                                |            | Aerovía      | Bus        | Taxiruta       |             |
| <b>PROP</b>                    | Compras    | 133          | 72         | 27             | 232         |
|                                | Diligencia | 118          | 69         | 21             | 208         |
|                                | Estudio    | 111          | 47         | 10             | 168         |
|                                | Recreación | 132          | 62         | 38             | 232         |
|                                | Trabajo    | 324          | 161        | 51             | 536         |
|                                | Turismo    | 31           | 27         | 14             | 72          |
| <b>Total</b>                   |            | <b>849</b>   | <b>438</b> | <b>161</b>     | <b>1448</b> |
| <b>V Cramer</b>                |            |              |            |                | 0,09123     |
| <b>Chi-cuadrado de Pearson</b> |            | <b>Valor</b> | <b>gl</b>  | <b>Valor p</b> |             |
|                                |            | 24,104       | 10         | 0,05           |             |

En la tabla 3.1.1 se puede comprobar que se rechaza la hipótesis nula, por lo que se comprueba una dependencia entre las variables. Se realiza el análisis de la prueba Chi-cuadrado en base al valor calcula de 24, con grados de libertad 10 y con un valor p de 0.05. Además, con el valor de la V de Cramer se concluye la la intensidad de asociación es baja teniendo esta aproximadamente un 10%.



**Ilustración 3.1.2** Grafico de barras apiladas de elección y motivo de viaje. [Fuente: Elaboración Propia]

En la ilustración 3.1.2 se evidencia por medio de un gráfico de barras apiladas que el 100% de las observaciones que forman parte del grupo trabajo, el 60,45% prefieren usar la Aerovía como medio de transporte preferido; esta situación es muy similar para el grupo de estudio en el cual, del 100% de observaciones, el 66,07% prefieren hacer uso de la Aerovía sobre los otros medios de transporte.

**Variable: Elección – Edad**

$H_0$  = Las variables son de elección y edad son independientes.

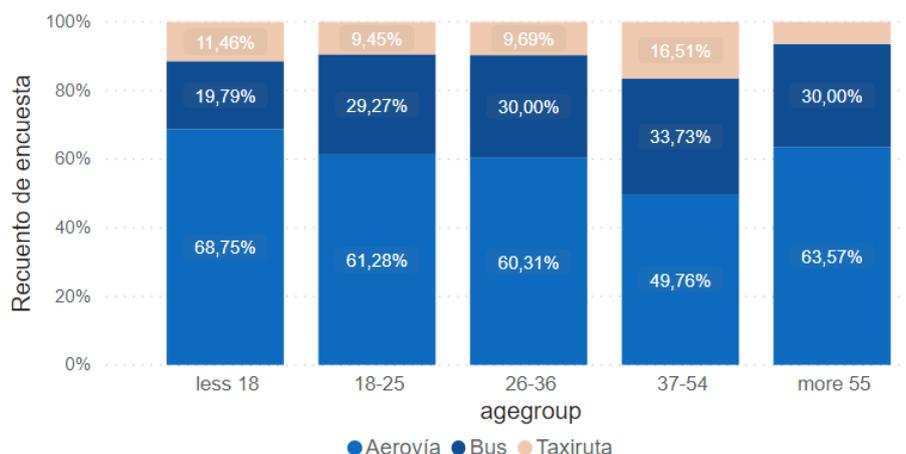
$H_1$  = Las variables son de elección y edad son dependientes y presentan una asociación.

**Tabla 3.1.2 Tabla de contingencia y prueba Chi-cuadrado entre elección y edad.**

[Fuente: Elaboración propia]

|                                |         | ELECCIÓN     |           |                | Total   |
|--------------------------------|---------|--------------|-----------|----------------|---------|
|                                |         | Aerovía      | Bus       | Taxiruta       |         |
| GROUP AGE                      | less 18 | 66           | 19        | 11             | 96      |
|                                | 18-25   | 201          | 96        | 31             | 328     |
|                                | 26-36   | 193          | 96        | 31             | 320     |
|                                | 37-54   | 211          | 143       | 70             | 424     |
|                                | more55  | 178          | 84        | 18             | 280     |
| <b>Total</b>                   |         | 849          | 438       | 161            | 1448    |
| <i>V Cramer</i>                |         |              |           |                | 0,10577 |
| <i>Chi-cuadrado de Pearson</i> |         | <b>Valor</b> | <b>gl</b> | <b>Valor p</b> |         |
|                                |         | 32,398       | 8         | 0,05           |         |

En la tabla 3.1.2 se puede concluir que en base al valor 32.398 con 8 grados de libertad y un valor p de 0.05, se rechaza la hipótesis nula de que las variables sean independientes y se acepta la hipótesis alterna, la que indica que existe dependencia y una asociación entre las variables analizadas. Además, el valor de Cramer muestra una intensidad del 11% entre las variables de elección y edad.



**Ilustración 3.1.3 Grafico de barras apiladas de elección y edad. [Fuente: Elaboración propia]**

En la ilustración 3.1.3, evidencia que la Aerovía es usada como medio de transporte por usuarios de todo rango de edades.

**Variable: Elección - Ingresos mensual del hogar**

$H_0$  = Las variables son de elección e ingresos mensual del hogar son independientes.

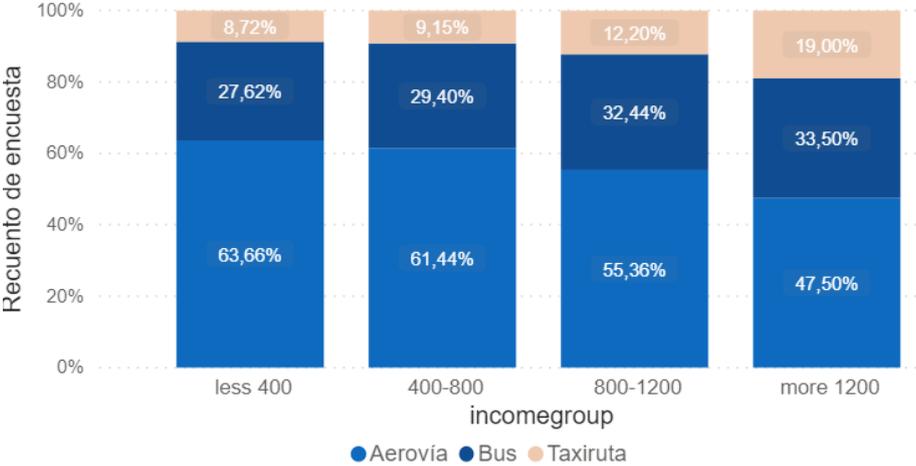
$H_1$  = Las variables son de elección e ingresos mensual del hogar son dependientes y presentan una asociación.

**Tabla 3.1.3 Tabla de contingencia entre elección y edad. [Fuente: Elaboración propia]**

|                         |           | ELECCIÓN |     |          | Total   |
|-------------------------|-----------|----------|-----|----------|---------|
|                         |           | Aerovía  | Bus | Taxiruta |         |
| INCOME GROUP            | less 400  | 219      | 95  | 30       | 344     |
|                         | 400 -800  | 349      | 167 | 52       | 568     |
|                         | 800-1200  | 186      | 109 | 41       | 336     |
|                         | more 1200 | 95       | 67  | 38       | 200     |
| Total                   |           | 849      | 438 | 161      | 1448    |
| V Cramer                |           |          |     |          | 0,09202 |
| Chi-cuadrado de Pearson |           | Valor    | gl  | Valor p  |         |
|                         |           | 24,524   | 6   | 0,05     |         |

En la tabla 3.1.3 se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que lo que acepta la hipótesis alterna determinando una dependencia entre las variables analizadas, este análisis es realizado con un valor de chi cuadrado de 24.524 con 6

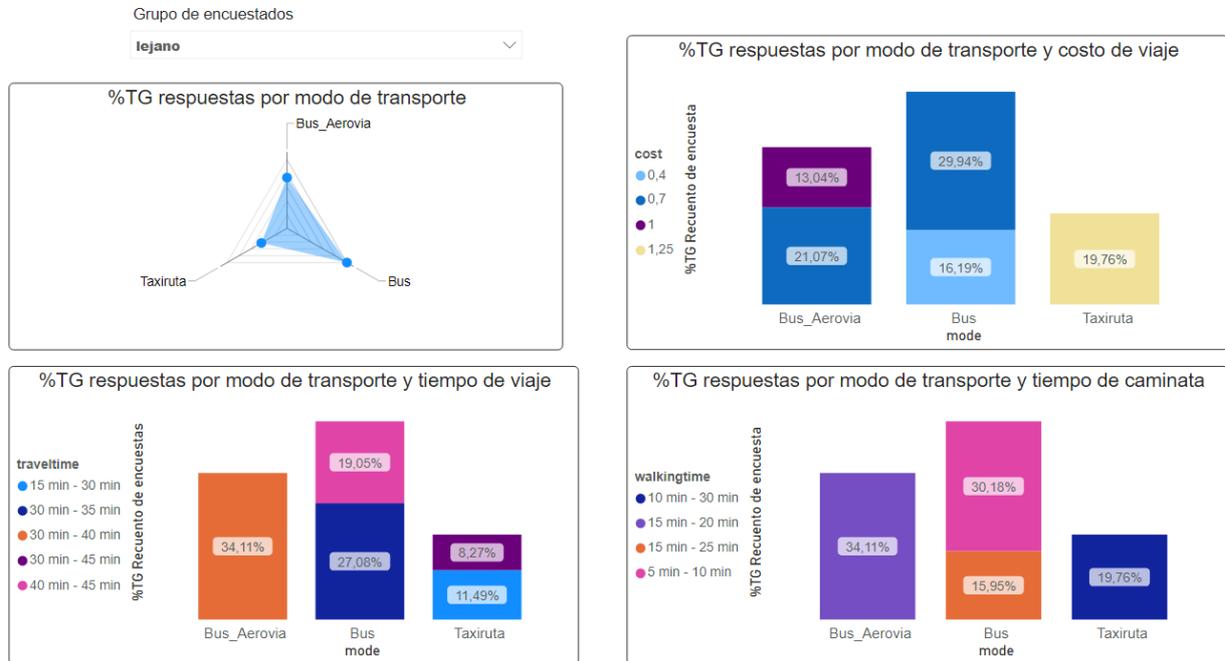
grados de libertad y un valor p de 0.05. Adicional, calculando el valor V de Cramer muestra una baja intensidad con un valor de 0.0920.



**Ilustración 3.1.4 Grafico de barras apiladas de elección e ingresos mensual del hogar. [Fuente: Elaboración Propia]**

En la ilustración 3.1.4, se constató que conforme los ingresos van aumentando, el porcentaje de uso de la Aerovía disminuye. La Aerovía se hace presente como medio de transporte usado en cada grupo de ingresos mensuales del hogar.

## Resultados de Grupo 2



**Ilustración 3.1.5 Modo de Transporte seleccionado y sus características grupo 2.**

[Fuente: Elaboración Propia]

En la ilustración 3.1.5 se evidencia que las personas que viven lejos de la estación E05 Durán, eligieron realizar el traslado usando bus intraprovincial como medio de transporte principal. Prefiriendo así tiempos de caminata y costos menores comparándolos con los medios de transporte bus Aerovía y los taxirutas. Un aspecto importante que considerar es que los encuestados le dan mayor importancia a la variable de tiempo de caminata, y los costos asociados a realizar el traslado; esta situación se ve evidente en los gráficos con los nombres %TG respuestas por modo de transporte y tiempo de caminata, y %TG respuestas por modo de transporte de costo de viaje; en el cual se hace presente que los encuestados que eligen bus tienen un tiempo de caminata y un costo menor, pero poseen un tiempo de viaje mayor comparándolos con los medios de transporte restantes.

## Relación estadística entre las variables

### Variable: Elección – Edad

$H_0$  = Las variables son de elección y edad son independientes.

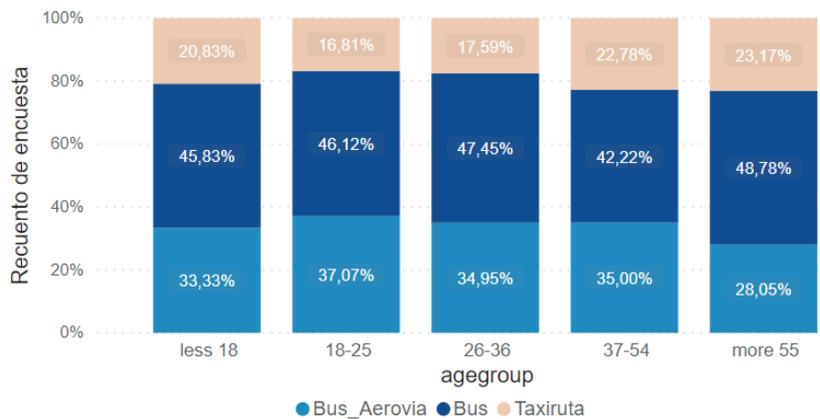
$H_1$  = Las variables son de elección y edad son dependientes y presentan una asociación.

**Tabla 3.1.4 Tabla de contingencia y prueba Chi-cuadrado entre elección y edad.**

[Fuente: Elaboración propia]

|                                |         | ELECCIÓN     |           |                | Total   |
|--------------------------------|---------|--------------|-----------|----------------|---------|
|                                |         | Bus +Aerovia | Bus       | Taxiruta       |         |
| GROUP AGE                      | less 18 | 32           | 44        | 20             | 96      |
|                                | 18-25   | 172          | 214       | 78             | 464     |
|                                | 26-36   | 151          | 205       | 76             | 432     |
|                                | 37-54   | 126          | 152       | 82             | 360     |
|                                | more55  | 92           | 160       | 76             | 328     |
| Total                          |         | 573          | 775       | 332            | 1680    |
| <i>V Cramer</i>                |         |              |           |                | 0,06336 |
| <i>Chi-cuadrado de Pearson</i> |         | <b>Valor</b> | <b>gl</b> | <b>Valor p</b> |         |
|                                |         | 13,488       | 8         | 0,05           |         |

En la tabla 3.1.4 se puede concluir que en base al valor 13.488 con 8 grados de libertad y un valor p de 0.05, se rechaza la hipótesis nula de que las variables sean independientes y se acepta la hipótesis alterna, la que indica que existe dependencia y una asociación entre las variables analizadas. Además, el valor de Cramer muestra una intensidad del 7% entre las variables de elección y edad.



**Ilustración 3.1.6 Grafico de barras apiladas de elección y edad. [Fuente: Elaboración propia]**

En la ilustración 3.1.6 se evidenció, una estabilidad en el uso del bus a lo largo de los grupos de edades evaluados. Además, la Aerovía se mantiene en valores de 28% hasta el 37%, no teniendo una diferencia considerable al momento de seleccionar este modo de transporte siendo el grupo de 18 -25 el que presenta mayor voluntad de uso de este medio de transporte.

**Variable: Elección - Ingresos mensual del hogar**

$H_0$  = Las variables son de elección e ingresos mensual del hogar son independientes.

$H_1$  = Las variables son de elección e ingresos mensual del hogar son dependientes y presentan una asociación.

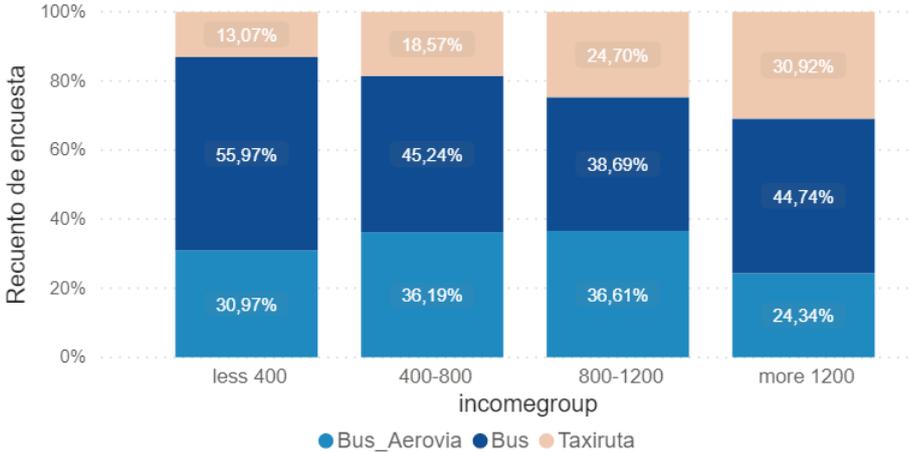
**Tabla 3.1.5 Tabla de contingencia entre elección y ingreso mensual de hogar.**

[Fuente: Elaboración propia]

|                         |           | ELECCIÓN     |     |          | Total  |       |    |         |        |   |      |
|-------------------------|-----------|--------------|-----|----------|--|-------|----|---------|--------|---|------|
|                         |           | Bus +Aerovía | Bus | Taxiruta |  |       |    |         |        |   |      |
| INCOME GROUP            | less 400  | 109          | 197 | 46       | 352  |       |    |         |        |   |      |
|                         | 400 -800  | 304          | 380 | 156      | 840  |       |    |         |        |   |      |
|                         | 800-1200  | 123          | 130 | 83       | 336  |       |    |         |        |   |      |
|                         | more 1200 | 37           | 68  | 47       | 152  |       |    |         |        |   |      |
| Total                   |           | 573          | 775 | 332      | 1680   |       |    |         |        |   |      |
| V Cramer                |           |              |     |          | 0,11031  |       |    |         |        |   |      |
| Chi-cuadrado de Pearson |           |              |     |          | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor</th> <th>gl</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>40,886</td> <td>6</td> <td>0,05</td> </tr> </tbody> </table> | Valor | gl | Valor p | 40,886 | 6 | 0,05 |
| Valor                   | gl        | Valor p      |     |          |  |       |    |         |        |   |      |
| 40,886                  | 6         | 0,05         |     |          |  |       |    |         |        |   |      |

En base a los análisis que se muestran en la tabla 3.1.5 se concluye que se rechaza la hipótesis nula, por lo que lo que acepta la hipótesis alterna determinando una

dependencia entre las variables analizadas, este análisis es realizado con un valor de chi cuadrado de 40.886 con 6 grados de libertad y un valor p de 0.05. Adicional, calculando el valor V de Cramer muestra una baja intensidad con un valor de 0.11031.



**Ilustración 3.1.7 Grafico de barras apiladas de elección e ingresos mensual del hogar. [Fuente: Elaboración Propia]**

En la ilustración 3.1.7, se observa que conforme los ingresos aumentan, el porcentaje de usuarios de taxirutas aumenta, mientras que los medios de transporte Aerovía y bus intraprovincial varían conforme cambia el ingreso mensual del hogar.

Para el grupo de encuestados cercanos la alternativa con mayor tasa de elección fue la Aerovía independientemente si el tiempo de caminata es alto o bajo. Caso contrario sucede con el grupo de encuestados lejanos donde la alternativa que tuvo mayor tasa de elección fue el bus, donde prefieren un costo de viaje total de \$0.70, es decir viajar desde su origen hasta el centro de guayaquil, usando el bus intraprovincial cuyo valor es \$0.40 más un bus cuyo valor es \$0.30, con un tiempo de viaje y tiempo de caminata bajos.

Con respecto a la relación estadística entre las variables, para el grupo de encuestados 1 “cercaños”, las alternativas de elección tuvieron dependencias con intensidades bajas con las variables propósito de viaje, grupo de edad e ingreso mensual. Por otro lado, la relación entre variables del grupo 2 de encuestados “Lejanos”, las

alternativas de elección tuvieron dependencias con intensidades bajas con variables edad e ingreso mensual del hogar y las demás variables tuvieron dependencia nula.

### 3.2 Estimación del modelo Logit Multinomial

Para cada grupo de encuestados se han estimado tres modelos LOGIT MULTINOMIALES, en los cuales se han incluido variables que caracterizan a las alternativas de modo de transporte y las variables sociodemográficas, que caracterizan a los individuos de la muestra analizada. A continuación, se presenta los resultados y análisis de las estimaciones de los modelos mediante el software BIOGEME:

#### 3.2.1 Resultados de la encuesta del grupo 1: Usuarios que caminan desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán.

**Tabla 3.2.1 : Resultados del modelo 1 con valores betas generales. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Parámetros   | Valor     | Error. Std. | Variable significativa  Variable no significativa  |              |
|--------------|-----------|-------------|--|--------------|
|              |           |             | Test-T   | p-valor      |
| ASC_BUS      | -0.434360 | 0.108379    | -4.007793  | 6.128874E-05 |
| ASC_TAXIRUTA | -1.572173 | 0.260088    | -6.044774  | 1.496198E-09 |
| B_COST       | 0.002974  | 0.004095    | 0.726274   | 4.676711E-01 |
| B_TRAVEL     | -0.035599 | 0.009306    | -3.825356  | 1.305835E-04 |
| B_WT         | -0.060322 | 0.005883    | -10.252914   | 0.000000E+00 |

De la tabla anterior se visualiza que el tiempo de viaje y el tiempo de caminata total recorrida tienen un impacto significativo y negativo en la utilidad de los modos de transporte. Lo cual es de esperarse, con base al análisis y los resultados de la información recolectada, que un aumento en cualquiera de estas variables produce una menor utilidad. Este análisis está ligado a la realidad, ya que las personas prefieren llegar a su destino con el menor tiempo posible. Al comparar las variables se observó que el tiempo de caminata es el que más influye en la elección, lo que indica la inconveniencia de modos de transporte que ofrecen viajes con largos tiempos de caminata, reducen la probabilidad de su elección.

**Tabla 3.2.2 Test estadístico del modelo 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 5         |
| Número de observaciones                                  | 1448      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1590.791 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1248.678 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 684.2252  |
| $\rho^2$   | 0.215     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.212     |

Además, cabe señalar que la constante modal del bus y los denominados taxirutas son negativas, lo que significa que otras variables no consideradas en el modelo están influyendo negativamente en su función de utilidad. Por otro lado, a pesar de que todas las variables son significativas, se encontró que el grado ajustado del modelo no es bueno ya que representa un  $\rho^2$  es igual a 0.215.

## Resultado del modelo 2

**Tabla 3.2.3 Resultados del modelo 2 con betas de variables de transporte. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Parámetros        | Valor     | Error. Std. | Variable significativa <span style="color: black;">■</span> Variable no significativa <span style="color: blue;">■</span> |               |
|-------------------|-----------|-------------|---|---------------|
|                   |           |             | Test-T  | p-valor       |
| ASC_BUS           | -0.000776 | 0.000239    | -3.248800   | 1.158929E-03  |
| ASC_TAXIRUTA      | -0.000002 | 0.000065    | -0.029968   | 9.760929E-01  |
| B_AEROVIA_COST    | 0.054425  | 0.012698    | 4.286295  | 1.816780E-05  |
| B_AEROVIA_TRAVEL  | 0.013218  | 0.003084    | 4.286295  | 1.816780E-05  |
| B_AEROVIA_WT      | -0.105580 | 0.014911    | -7.080587   | 1.1435518E-12 |
| B_BUS_COST        | 0.011811  | 0.004571    | 2.584221  | 9.759914E-03  |
| B_BUS_TRAVEL      | 0.073544  | 0.031571    | 2.329456  | 1.983492E-02  |
| B_BUS_WT          | -0.055635 | 0.006210    | -8.958552   | 0.000000E+00  |
| B_TAXIRUTA_COST   | 0.019071  | 0.008077    | 2.361274  | 1.821226E-02  |
| B_TAXIRUTA_TRAVEL | -0.043542 | 0.009824    | -4.432051   | 9.334111E-06  |
| B_TAXIRUTA_WT     | -0.040738 | 0.029250    | -1.392757   | 1.636932E-01  |

Para el segundo modelo, se agregaron atributos específicos de las variables costo de viaje, tiempo de viaje y tiempo total de caminata para cada modo de transporte. Se observó que, la variable del tiempo de caminata tiene un signo negativo para los tres

modos de transporte, siendo más significativo ( $p$  value  $<0.05$ ) en la Aerovía y en segundo lugar el bus, lo cual es una desventaja ya que se podría pensar que esta variable está impactando significativamente en la elección del teleférico, es decir largos tiempos de caminata generarían una menor utilidad. Llegando a la conclusión que las personas consideran más el tiempo de caminata total recorrida al momento de elegir un modo de transporte para trasladarse de Durán al centro de Guayaquil.

En cuanto al tiempo de viaje, aún mantiene el signo esperado en la alternativa taxiruta, es decir tiempo de viaje largos generan menor utilidad, esta condición podría deberse a la congestión que existe el puente de unidad nacional, reduciendo la probabilidad de elegir taxiruta como medio de transporte. Por otro lado, el coeficiente de tiempo de viaje para las alternativas de Aerovía y bus muestran signos positivos siendo más significativo en el bus, esto podría deberse a que los usuarios, prefieren viajes más largos si este los deja cerca del lugar de su destino, caso contrario este generaría menor utilidad.

En base a la Aerovía, el tiempo de viaje también se muestra positivo, lo cual no es esperado, pues se podría pensar que a medida que el tiempo de viaje aumente, aumenta la probabilidad de elegir a la Aerovía como medio de transporte. Llegando a la conclusión de que, si se implementan más estaciones, aumentaría tiempo de viaje, mejorando así la accesibilidad para llegar a los diferentes destinos reduciendo el tiempo de caminata.

**Tabla 3.2.4 Test estadístico del modelo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 11        |
| Número de observaciones                                  | 1448      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1590.791 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1236.058 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 709.4656  |
| $\rho^2$   | 0.223     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.216     |

En este modelo la Aerovía está generando una mayor utilidad frente al taxiruta y bus, debido a que las constantes modales presentan signo negativo. Aun así, el nivel de ajuste del modelo no es bueno, ya que presenta un  $\rho^2$  igual a 0.223.

### Comparación de los modelos

Usando el test de razón de verosimilitud, se realizó una comparación entre el modelo 1 y el modelo 2 con la finalidad de determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos. Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

$$-2[\mathcal{L}(\hat{\beta}_{M1}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_{M2})] = -2[(-1248.678) - (-1236.058)] = 25.24 \quad (3.1)$$

El valor obtenido del test de razón de verosimilitud (LR) se contrasta con el valor crítico de la distribución teórica de  $\chi^2$ . En este caso  $LR = 25.24 > \chi^2_{0.05,6} = 12.5916$ , en vista de que el valor del test es mayor, se rechaza la  $H_0$  que indica que los modelos son equivalentes, y se acepta al modelo 2 como el que presenta una mejor especificación.

### Resultado del modelo 3

Tabla 3.2.5 Resultados del modelo 3 con variables de transporte y sociodemográficas. [Fuente: Elaboración Propia]

| Parámetros             | Valor     | Error. Std. | Variable significativa <span style="color: black;">■</span> Variable no significativa <span style="color: blue;">■</span> |              |
|------------------------|-----------|-------------|---|--------------|
|                        |           |             | Test-T  | p-valor      |
| ASC_BUS                | 0.011271  | 0.000244    | 46.282078   | 0.00000E+00  |
| ASC_TAXIRUTA           | 0.012934  | 0.000067    | 192.501867  | 0.00000E+00  |
| B_AEROVIA_AGE          | -0.005948 | 0.080962    | -0.073464   | 9.414368E-01 |
| B_AEROVIA_COST         | 0.060510  | 0.012965    | 4.667235  | 3.052804E-06 |
| B_AEROVIA_GEN          | -0.002479 | 0.080256    | -0.030888   | 9.753590E-01 |
| B_AEROVIA_INCOME       | -0.007789 | 0.041407    | -0.188111   | 8.507896E-01 |
| B_AEROVIA_PURPOSE_JOB  | 0.016338  | 0.097297    | 0.167920  | 8.666463E-01 |
| B_AEROVIA_TRAVEL       | 0.018789  | 0.003149    | 5.967452  | 2.409877E-09 |
| B_AEROVIA_WT           | -0.107604 | 0.015066    | -7.141996   | 9.199308E-13 |
| B_BUS_AGE              | 0.240994  | 0.091325    | 2.638847  | 8.318845E-03 |
| B_BUS_COST             | 0.012097  | 0.004594    | 2.633527  | 8.450307E-03 |
| B_BUS_GEN              | 0.074726  | 0.090339    | 0.827174  | 4.081386E-01 |
| B_BUS_INCOME           | 0.150228  | 0.046431    | 3.235512  | 1.214246E-03 |
| B_BUS_PURPOSE_JOB      | -0.237711 | 0.111492    | -2.132095   | 3.299905E-02 |
| B_BUS_TRAVEL           | 0.073466  | 0.031647    | 2.321403  | 2.026512E-02 |
| B_BUS_WT               | -0.055995 | 0.006227    | -8.992184   | 0.000000E+00 |
| B_TAXIRUTA_AGE         | 0.229052  | 0.117963    | 1.941723  | 5.217066E-02 |
| B_TAXIRUTA_COST        | 0.013509  | 0.008399    | 1.608502  | 1.077253E-01 |
| B_TAXIRUTA_GEN         | 0.283872  | 0.116935    | 2.427613  | 1.519854E-02 |
| B_TAXIRUTA_INCOME      | 0.378527  | 0.059130    | 6.401563  | 1.537941E-10 |
| B_TAXIRUTA_PURPOSE_JOB | -0.009047 | 0.140325    | -0.064472   | 9.485948E-01 |
| B_TAXIRUTA_TRAVEL      | -0.044146 | 0.009902    | -4.458328   | 8.260133E-06 |
| B_TAXIRUTA_WT          | -0.040537 | 0.029515    | -1.373425   | 1.696201E-01 |

Con el fin de conocer y determinar si variables sociodemográficas (genero, edad, ingresos y propósito de viaje por trabajo) influyen en la elección del modo de transporte. Para este modelo se decidió agregar atributos específicos de las características de los individuos encuestados a cada alternativa de transporte.

En lo que refiere a las características de cada modo de transporte, el modelo 3 muestra que el tiempo de viaje afecta negativamente la elección del taxi ruta y tiempo de caminata afectan negativamente la elección del bus y Aerovía como en el modelo dos.

En base a los resultados de la tabla anterior, la variable costo mantiene un signo negativo en la alternativa de bus, lo que explica que a medida que aumenta el costo de la tarifa, este reduce su utilidad haciendo menos atractiva su probabilidad en la elección.

Por otra parte, el costo de la Aerovía mantiene un signo positivo, lo que puede interpretarse como que los usuarios de este medio estarán más dispuestos a pagar la tarifa actual, en la condición de que se incremente más estaciones, mejorando la accesibilidad a las estaciones y destinos, es decir incrementando el tiempo de viaje y reduciendo el tiempo total de caminata.

Referente a las características sociodemográficas de la muestra analizada, se observó que estas variables no influyen en la función de utilidad de la alternativa Aerovía. Caso contrario sucede con la alternativa bus en las que las variables edad, ingresos, propósitos de viaje por trabajo influyen en la elección, por otro lado, en el caso de la alternativa taxiruta se ve influenciada por variables como genero e ingresos.

En lo referente al estimador de edad con signo positivo, podría interpretarse como que los adultos mayores (mayores a 37 años) encuentran atractivas la alternativa del bús. Lo cual es de esperar ya que estas personas cuando se movilizan no esperan tener que caminar mucho para llegar a su lugar de trabajo. Es por esto, que la alternativa del bus y taxi ruta resulta más viable ya que aprecian el menor tiempo de caminata para llegar a su destino final en Guayaquil.

La variable correspondiente a los ingresos mensuales se evidencia que afecta significativamente en la utilidad del taxi ruta. Con respecto a medios no convencionales cuanto mayor es el ingreso mensual del hogar de los encuestados, más probable es que opten por el taxi ruta.

Con respecto a la variable de genero se puede evidenciar, que es significativa para el caso del taxi ruta, lo que nos muestra que los hombres son los que tiene mayor preferencia al modo de transporte del taxi ruta.

**Tabla 3.2.6 Test estadístico del modelo 3. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 23        |
| Número de observaciones                                  | 1448      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1590.791 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1220.116 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 141.3495  |
| $\rho^2$   | 0.233     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.219     |

Cabe señalar que en este modelo las constantes modales siguen siendo significativas para la función de utilidad. Sin embargo, el propósito de viaje por trabajo resulto ser significativa para el bus. Lo que se podría interpretarse como, la persona que viajan por trabajo tiene menor preferencia para optar bus. Por otro lado, sobre el ajuste del modelo, se puede notar que el modelo con más variables explicativas tiene un mayor valor de  $\rho^2$  siendo este 0.233.

### **Comparación de los modelos**

Usando el test de razón de verosimilitud, se realizó una comparación entre el modelo 2 y el modelo 3 para determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos. Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

$$-2[\mathcal{L}(\hat{\beta}_{M2}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_{M3})] = -2[(-1236.058) - (-1220.116)] = 31.884 \quad (3.2)$$

El valor obtenido del test de razón de verosimilitud (LR) se contrasta con el valor crítico de la distribución teórica de  $\chi^2$ . En este caso  $LR = 31.884 > \chi^2_{0.05,9} = 21.026$ , en vista de que el valor del test es mayor, se rechaza la  $H_0$  que indica que los modelos son equivalentes, y se acepta al modelo 3 como el que presenta una mejor especificación.

A continuación, se presenta una tabla con las comparaciones de los modelos planteados, con la finalidad de tener una mejor representación del mejor modelo seleccionado:

**Tabla 3.2.7 Comparación de modelos del grupo 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Modelos              | LR     | $\chi^2$ | g.l | p value |
|----------------------|--------|----------|-----|---------|
| Modelo 1 Vs Modelo 2 | 26.636 | 12.592   | 6   | 0.05    |
| Modelo 2 Vs Modelo 3 | 27.710 | 21.026   | 12  | 0.05    |

En base a la Tabla, se observa que todos los valores de LR superan al valor crítico de la distribución teórica de la  $\chi^2$ , lo que llevó a rechazar la  $H_0$  de que los modelos son equivalentes en todos los casos. Y con respecto a las estadísticas realizadas, se puede concluir que el modelo 3 replica mejor la realidad de los datos analizados.

### 3.2.2 Resultados de la encuesta del grupo 2: Usuarios que toman un medio de transporte desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán.

#### Resultado del modelo 1

**Tabla 3.2.8 Resultado del modelo 1 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Parámetros   | Valor     | Error. Std. | Variable significativa <span style="color: black;">■</span> Variable no significativa <span style="color: blue;">■</span> |              |
|--------------|-----------|-------------|---|--------------|
|              |           |             | Test-T  | p-valor      |
| ASC_BUS      | -0.426284 | 0.118070    | -3.610440   | 3.056782E-04 |
| ASC_TAXIRUTA | -0.592267 | 0.131501    | -4.503909   | 6.671484E-06 |
| B_COST       | -0.011473 | 0.002865    | -4.004463   | 6.215854E-05 |
| B_TRAVEL     | -0.028342 | 0.005548    | -5.108866   | 3.240985E-07 |
| B_WT         | -0.109649 | 0.008398    | -13.056799  | 0.000000E+0  |

De la tabla anterior se observa que el costo de viaje, tiempo de viaje y caminata, afectan negativa y significativamente la utilidad de los individuos. La variable tiempo de caminata es la más significativa en el modelo, seguido del tiempo de viaje y por último el costo. Este análisis tiene relación con la realidad, ya que es de esperarse que un aumento de estas variables produce menor utilidad, es decir que las personas que viven lejos de la estación, al igual que viven cerca, prefieran llegar a su lugar de destino en el menor tiempo de viaje, pagando menos y con tiempos de caminata cortos.

**Tabla 3.2.9 Test estadístico del modelo 1 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 5         |
| Número de observaciones                                  | 1680      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1845.669 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1644.189 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 402.9595  |
| $\rho^2$   | 0.109     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.106     |

Con respecto a las constantes modales del taxi ruta y bus, son significativamente negativas, lo que se interpreta como que las demás variables que no se están considerando en este modelo están influyendo negativamente en la función de utilidad del bus y el denominado taxi ruta. A pesar de que todas las viables resultan ser significativas, se observó que el nivel de ajuste del modelo no demasiado bueno ya que representa un  $\rho^2 = 0.109$ .

### Resultado del modelo 2

**Tabla 3.2.10 Resultados del modelo 2 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Parámetros        | Valor     | Error. Std. | Variable significativa <span style="color: black;">■</span> Variable no significativa <span style="color: blue;">■</span> |              |
|-------------------|-----------|-------------|---|--------------|
|                   |           |             | Test-T  | p-valor      |
| ASC_BUS           | -2.319641 | 1.414813    | -1.639539   | 1.011011E-01 |
| ASC_TAXIRUTA      | -0.000001 | 0.000073    | -0.014209   | 9.886630E-01 |
| B_AEROVIA_COST    | -0.019071 | 0.004307    | -4.427703   | 9.524186E-06 |
| B_AEROVIA_TRAVEL  | -0.007632 | 0.019076    | -0.400075   | 6.891012E-01 |
| B_AEROVIA_WT      | -0.075858 | 0.037177    | -2.040480   | 4.130250E-02 |
| B_BUS_COST        | 0.021018  | 0.011065    | 1.899616  | 5.748352E-02 |
| B_BUS_TRAVEL      | -0.033991 | 0.011368    | -2.989996   | 2.789813E-03 |
| B_BUS_WT          | -0.037511 | 0.024644    | -1.522118   | 1.279796E-01 |
| B_TAXIRUTA_COST   | -0.000129 | 0.009083    | -0.014209   | 9.886630E-01 |
| B_TAXIRUTA_TRAVEL | -0.045034 | 0.008386    | -5.369791   | 7.882816E-08 |
| B_TAXIRUTA_WT     | -0.167956 | 0.032023    | -5.244811   | 1.564428E-07 |

En lo que respecta al segundo modelo, se agregaron atributos específicos que caracterizan a las alternativas de cada modo de transporte, lo cual de acuerdo con las preferencias de los usuarios que conforman el grupo dos, permitió obtener los coeficientes de cada modo de transporte para determinar cómo influyen en la elección. Conjuntamente para la variable tiempo de viaje se observan que es una variable que

tienen impacto en la utilidad de las personas para el bus y el taxi ruta. El tiempo de caminata es la variable significativa para la Aerovía y taxi ruta, y presenta signos negativos lo que indicaría que al aumentar el tiempo de caminata reduce la utilidad. Lo cual es esperado ya que se interpreta como, tiempos de viajes y tiempos de caminatas más largos serán menos preferidos.

Referente al costo de viaje, se observa que para la alternativa Aerovía presenta el signo esperado(negativo), pues se podría pensar que en vista que esta alternativa incrementa su tarifa de \$0.70 a \$1.00, generaría una menor utilidad volviéndolas menos atractivas a esta alternativa disminuyendo la probabilidad de elegirla medio de transporte. Por otro lado, se observa que, para la alternativa bus, presenta el signo inesperado, pues se podría interpretar que las personas que eligen bus prefieren pagar un poco más con la condición de que se llegue a su lugar de destino con tiempos de viaje y tiempos de total de caminata cortos.

**Tabla 3.2.11 Test estadístico del modelo 2 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 11        |
| Número de observaciones                                  | 1680      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1845.669 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1636.501 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 418.3345  |
| $\rho^2$   | 0.113     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.107     |

Basándose en la tabla 3.2.11 en el que se puede revisar los test estadísticos referente al nivel de ajuste del modelo no es bueno ya que presenta un  $\rho^2$  igual a 0.113.

### **Comparación de los modelos**

Mediante el test de razón de verosimilitud, se realizó una comparación entre los modelos uno y el modelo dos con el fin de determinar cuál modelo presenta mejor ajuste a los datos. Los resultados del test se presentan a continuación:

$$-2[\mathcal{L}(\hat{\beta}_{M1}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_{M2})] = -2[(-1644.189) - (-1636.501)] = 15.376 \quad (3.3)$$

El valor obtenido del test de razón de verosimilitud (LR) se contrasta con el valor crítico de la distribución teórica de  $\chi^2$ . En este caso  $LR = 15.376 > \chi^2_{0.05,6} = 12.5916$ , dado que el valor del test es mayor, se rechaza la  $H_0$  que indica que los modelos son equivalentes, y se acepta al modelo dos como el que presenta una mejor especificación.

### Resultado del modelo 3

Tabla 3.2.12 Resultados de Betas del modelo 3 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]

| Parámetros             | Valor     | Variable significativa <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: black; vertical-align: middle;"></span> Variable no significativa <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: blue; vertical-align: middle;"></span> |           |              |
|------------------------|-----------|---|-----------|--------------|
|                        |           | Error. Std.   | Test-T    | p-valor      |
| ASC_BUS                | -2.095451 | 1.437844  | -1.457356 | 1.450181E-01 |
| ASC_TAXIRUTA           | -0.000053 | 0.000074  | -0.719582 | 4.717823E-01 |
| B_AEROVIA_AGE          | -0.156566 | 0.074998  | -2.087609 | 3.683314E-02 |
| B_AEROVIA_COST         | -0.019163 | 0.004319  | -4.437199 | 9.113711E-06 |
| B_AEROVIA_GEN          | -0.036499 | 0.074771  | -0.488146 | 6.254465E-06 |
| B_AEROVIA_INCOME       | -0.069814 | 0.042865  | -1.628722 | 1.033719E-01 |
| B_AEROVIA_PURPOSE_JOB  | -0.040116 | 0.082397  | -0.486862 | 6.263558E-01 |
| B_AEROVIA_TRAVEL       | -0.006947 | 0.019145  | -0.362860 | 7.167096E-01 |
| B_AEROVIA_WT           | -0.076368 | 0.037255  | -2.049892 | 4.037497E-02 |
| B_BUS_AGE              | -0.061572 | 0.071719  | -0.858513 | 3.906091E-01 |
| B_BUS_COST             | 0.021102  | 0.011138  | 1.894568  | 5.814964E-02 |
| B_BUS_GEN              | -0.049470 | 0.071716  | -0.689813 | 4.903117E-01 |
| B_BUS_INCOME           | -0.176931 | 0.041472  | -4.266238 | 1.987670E-05 |
| B_BUS_PURPOSE_JOB      | -0.056169 | 0.079101  | -0.710086 | 4.776508E-01 |
| B_BUS_TRAVEL           | -0.034251 | 0.011425  | -2.997905 | 2.718421E-03 |
| B_BUS_WT               | -0.038182 | 0.024799  | -1.539650 | 1.236456E-01 |
| B_TAXIRUTA_AGE         | 0.218137  | 0.085365  | 2.555342  | 1.060836E-02 |
| B_TAXIRUTA_COST        | -0.006782 | 0.009246  | -0.733542 | 4.632281E-01 |
| B_TAXIRUTA_GEN         | 0.085970  | 0.086828  | 0.990113  | 3.221187E-01 |
| B_TAXIRUTA_INCOME      | 0.246746  | 0.048359  | 5.102392  | 3.353864E-07 |
| B_TAXIRUTA_PURPOSE_JOB | 0.096285  | 0.093656  | 1.028067  | 3.039184E-01 |
| B_TAXIRUTA_TRAVEL      | -0.046476 | 0.008500  | -5.46711  | 4.566552E-08 |
| B_TAXIRUTA_WT          | -0.175328 | 0.032526  | -5.390473 | 7.027251E-08 |

En base a este modelo, se incorporó variables correspondientes a las características de la muestra encuestada como género, edad, ingresos mensuales del hogar y propósito de viaje por trabajo, con el fin de determinar si estos influyen en la elección hacia un modo de transporte.

La variable ingreso mensuales se evidencia que afecta significativamente en la utilidad de las alternativas del bus y el taxiruta. Es decir que personas con un mayor ingreso son propensas a optar por taxiruta que por bus.

La variable edad se evidencia que afecta significativamente en la utilidad del alimentador + Aerovía y el taxiruta. Es decir que personas adultas y adultas mayores prefieran el taxiruta que la combinación Alimentador y Aerovía.

La variable correspondiente al propósito de viaje por trabajo se evidencia que no son significativas para la elección, lo que significa de que personas que tiene como propósito del viaje trabajo, prefieran usar otras alternativas de transporte. O podría interpretarse que esta condición no influye en la elección de estas alternativas de transporte.

La variable género, es significativa solo para el medio de transporte de la alternativa alimentador + Aerovía, indicando que las mujeres son más propensas a preferir esta alternativa sobre algún otro medio de transporte.

En este modelo las constantes modales dejaron de ser significativas, es decir que las variables que no consideramos en el modelo no influyen en la elección, además variables como tiempo de viaje para la alternativa de la combinación de alimentador y Aerovía, deja de ser significativa, por lo mismo para la alternativa de bus donde la variable tiempo de caminata deja de ser significativa en el modelo, es decir no influye en la elección.

**Tabla 3.2.13 Test estadístico del modelo 3 grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Model Logit</b>                                       |           |
|--|-----------|
| Número de parámetros                                     | 23        |
| Número de observaciones                                  | 1680      |
| $\mathcal{L}(\mathbf{0})$                                | -1845.669 |
| $\mathcal{L}(\hat{\beta})$                               | -1615.939 |
| $-2[\mathcal{L}(\mathbf{0}) - \mathcal{L}(\hat{\beta})]$ | 459.4585  |
| $\rho^2$   | 0.124     |
| $\bar{\rho}^2$   | 0.112     |

Referente al nivel de ajuste del modelo, se evidencia que a medida que se agregan variables al modelo, el valor de  $\rho^2$  aumenta a 0.124.

## Comparación de los modelos

Usando el test de razón de verosimilitud, se realizó una comparación entre el modelo 2 y el modelo 3 para determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos. Los resultados de la prueba se muestran a continuación:

$$-2[\mathcal{L}(\hat{\beta}_{M2}) - \mathcal{L}(\hat{\beta}_{M3})] = -2[(-1636.501) - (-1615.939)] = 41.124 \quad (3.4)$$

El valor obtenido del test de razón de verosimilitud (LR) se contrasta con el valor crítico de la distribución teórica de  $\chi^2$ . En este caso  $LR = 41.124 > \chi^2_{0.05,12} = 21.026$ , en vista de que el valor del test es mayor, se rechaza la  $H_0$  que indica que los modelos son equivalentes, y se acepta al modelo 3 como el que presenta una mejor especificación.

A continuación, se presenta una tabla con las comparaciones de los modelos planteados, con la finalidad de tener una mejor representación del mejor modelo seleccionado:

**Tabla 3.2.14 Comparación de modelos del grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| Modelos              | LR     | $\chi^2$ | g.l | p value |
|----------------------|--------|----------|-----|---------|
| Modelo 1 Vs Modelo 2 | 15.376 | 12.5916  | 6   | 0.05    |
| Modelo 2 Vs Modelo 3 | 41.124 | 21       | 12  | 0.05    |

En base a la Tabla, se observa que todos los valores de LR superan al valor crítico de la distribución teórica de la  $\chi^2$ , lo que llevó a rechazar la  $H_0$  de que los modelos son equivalentes en todos los casos. Y con respecto a las estadísticas realizadas, se puede concluir que el modelo 3 replica mejor la realidad de los datos analizados.

### 3.3 Probabilidades de elección

A continuación, de acuerdo con el modelo con mejor especificación de cada grupo de encuestados, se presentan las probabilidades de elección para cada alternativa. Estas probabilidades se las obtuvo mediante BIOGEME, las mismas que corresponden a las siguientes tablas.

#### 3.3.1 Probabilidades de elección para grupo de encuestados 1

A continuación, se presentan las probabilidades de elección para cada alternativa del grupo de encuestados próximos a la E05 Aerovía.

**Tabla 3.3.1 Tabla de probabilidades del grupo de encuestados 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Probabilidades con datos recolectados</b> |                     |             |
|--|---------------------|-------------|
| <b>Usuarios Cercanos</b>                     |                     |             |
|  | <b>Probabilidad</b> |             |
| <b>Aerovía</b>                               | 0,58633             | 58,63%      |
| <b>Bus</b>                                   | 0,30249             | 30,25%      |
| <b>Taxiruta</b>                              | 0,11119             | 11,12%      |
|  | <b>1</b>            | <b>100%</b> |

De acuerdo con los datos recolectados en campos, las probabilidades calculadas se muestran en la tabla 3.3.1, donde se visualiza que las personas próximas a la estación E05 Durán declararon con una alta probabilidad la elección del modo de transporte de Aerovía siendo esta del 58.63%, seguido del bus con un 30,12%.

**Tabla 3.3.2 Tabla de probabilidades obtenidas del modelo seleccionado para el grupo 1. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Probabilidades de elección con respecto al modelo MNL</b> |                     |             |
|--|---------------------|-------------|
| <b>Usuarios Cercanos</b>                                     |                     |             |
|  | <b>Probabilidad</b> |             |
| <b>Aerovía</b>   | 0,09374             | 9,37%       |
| <b>Bus</b>   | 0,64959             | 64,96%      |
| <b>Taxiruta</b>  | 0,25668             | 25,67%      |
|  | <b>1</b>            | <b>100%</b> |

En base al modelo especificado para el grupo de encuestados uno, la probabilidad de que los individuos elijan una determinada alternativa en función de sus características socioeconómicas y de la relativa atractividad de la alternativa, en la tabla 3.3.2 se visualiza que las alternativas que posee una alta probabilidad de que usen el modo de transporte es el bus, seguido del taxiruta y como ultima atractivo la Aerovía. Cabe recalcar que para representar la atractividad de la alternativa se utilizó el concepto de utilidad (éste es un artificio teórico convenientemente definido en forma tautológica como lo que el individuo intenta maximizar). Las alternativas no producen utilidad, sino que la utilidad se deriva (Lancaster, 1966) de las características de las alternativas y de las características de los individuos.

### 3.3.2 Probabilidades de elección para grupo de encuestados 2

A continuación, se presentan las probabilidades de elección para cada alternativa del grupo de encuestados distantes a la E05 Aerovía.

**Tabla 3.3.3 Tabla de probabilidad de uso de cada modo transporte de los usuarios lejanos. [Fuente: Elaboración propia]**

| <b>Probabilidades con datos recolectados</b> |                     |  |             |
|--|---------------------|--|-------------|
| <b>Usuarios Lejanos</b>                      |                     |  |             |
|  | <b>Probabilidad</b> |  |             |
| <b>Bus</b>                                   | 0,4613095           |  | 46,13%      |
| <b>Alimentador+Aerovía</b>                   | 0,3410714           |  | 34,11%      |
| <b>Taxiruta</b>                              | 0,197619            |  | 19,76%      |
|  | <b>1</b>            |  | <b>100%</b> |

De acuerdo con los datos recolectados en campo, las probabilidades calculadas se muestran en la tabla 3.3.3, donde se visualiza que las personas distantes a la estación E05 Durán declararon con una alta probabilidad la elección del modo de transporte del bus siendo esta del 43.13%, seguido de la combinación alimentador y Aerovía con un 34,11%.

**Tabla 3.3.4 Probabilidades obtenidas con el modelo 3 del grupo 2. [Fuente: Elaboración Propia]**

| <b>Probabilidades de elección con respecto al modelo MNL</b> |                     |  |             |
|--|---------------------|--|-------------|
| <b>Usuarios Lejanos</b>                                      |                     |  |             |
|  | <b>Probabilidad</b> |  |             |
| <b>Alimentador+Aerovía</b>                                   | 0,715795            |  | 71,58%      |
| <b>Bus</b>   | 0,27031             |  | 27,03%      |
| <b>Taxiruta</b>  | 0,013895            |  | 1,39%       |
|  | <b>1</b>            |  | <b>100%</b> |

En base al modelo con mejor especificación, para el grupo dos, la probabilidad de que los individuos elijan una determinada alternativa en función de sus características socioeconómicas y de la relativa atractividad de la alternativa, en la tabla 3.3.4 se

visualiza que las alternativas que posee una alta probabilidad de que usen el modo de transporte es la Aerovía, seguido del bus y como ultimo atractivo el taxiruta. Cabe recalcar que para representar la atractividad de la alternativa se utilizó el concepto de utilidad. Las alternativas pese a que no producen utilidad, la utilidad se deriva (Lancaster, 1966) de las características de las alternativas y de las características de los individuos.

### 3.4 Análisis comparativos

#### 3.4.1 Cálculo del Valor Subjetivo del Tiempo (VST)

Para estimar la disposición a pagar por los ahorros en el tiempo de viaje y/o caminata (es decir, SVT), en la literatura microeconómica clásica del transporte, los modeladores deben medir el equilibrio entre estos tiempos y los costos. El VST corresponde a la tasa marginal de sustitución entre el tiempo percibido (en el vehículo, caminando o a pie esperando) y el costo de viajar a utilidad constante (Gaudry et al., 1989).

En esta sección, el análisis VST se realiza con el modelo con mejores especificaciones, ya que se considera el modelo más realista según sus parámetros para cada grupo de encuestados, obteniendo los siguientes resultados:

**Grupo uno:** Usuarios que caminan desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán.

Tiempo de caminata

$$VST_{Aerovia} = \frac{-0.107604}{0.060510} = \frac{-1.7782}{100} = -0.01777 \text{ [\$ /min]} \quad (3.5)$$

$$VST_{Bus} = \frac{-0.055995}{0.012097} = \frac{-4.62883}{100} = -0.04628 \text{ [\$ /min]} \quad (3.6)$$

Tiempo de viaje

$$VST_{Aerovia} = \frac{0.018789}{0.060510} = \frac{0.310510}{100} = 0.0031 \text{ [\$ /min]} \quad (3.7)$$

$$VST_{Bus} = \frac{0.073466}{0.012097} = \frac{6.070307}{100} = 0.0607307 \text{ [\$ /min]} \quad (3.8)$$

Por medio de estos resultados, podemos concluir que los encuestados del grupo uno, están dispuestos a pagar \$0.06 por ahorrarse un minuto de su tiempo en llegar a su destino, lo que los lleva a elegir el sistema de transporte más rápido. Sin embargo, cuando se trata de la accesibilidad, los encuestados buscan reducir \$0.05 a la tarifa por cada minuto que se les obliga a caminar a su lugar de destino.

**Grupo dos:** Usuarios que toman un medio de transporte desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán.

Tiempo de caminata

$$VST_{Aerovia} = \frac{-0.076368}{-0.019163} = \frac{3.985179}{100} = 0.039851 \text{ [\$ /min]} \quad (3.9)$$

Tiempo de Viaje

$$VST_{Bus} = \frac{-0.034251}{0.021102} = \frac{-1.623116}{100} = -0.0162311 \text{ [\$ /min]} \quad (3.10)$$

Por medio de estos resultados, podemos concluir que los encuestados de grupo dos, están dispuestos a pagar \$0.04 (adicional a la tarifa) por ahorrarse un minuto de su tiempo de caminata, lo que los lleva a elegir el sistema de transporte con más accesibilidad a las estaciones o paradas. Sin embargo, cuando se trata de tiempo de viaje en vehículo, los encuestados buscan reducir \$0.02 a la tarifa por cada minuto de viaje en vehículo.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES

En esta investigación se desarrolló una metodología práctica que permitió identificar las variables que influyen en la elección del modo de transporte de acuerdo con las preferencias de los usuarios de transporte público. Identificar estas variables permite rediseñar políticas del medio de transporte de acuerdo con las necesidades de la población.

Para cumplir con los objetivos, la primera fase consto de; (1) una extensa revisión literaria de modelos de demanda de transporte, en la cual se analizaron las metodologías relacionadas con el estudio de sistemas de transporte usando encuestas de preferencias declaradas; y se identificó la técnica de preferencias declaradas como metodología del presente proyecto, el cual basa la estimación de la demanda, en el análisis de las respuestas seleccionadas ante situaciones hipotéticas, (2) entrevistas con el administrador de Aerovía y jefe estadístico de la ATM, y el correspondiente análisis estadístico respectivo de la información proporcionada por Aerovía, donde se identificó el estado actual del sistema con respecto a las características de operación y el comportamiento de la demanda, así también se identificaron los modos de transporte sustitutos al sistema de transporte Aerovía.

A partir de lo anterior, se determinó el uso de una metodología apropiada para medir los factores de cada modo de transporte, asimismo, se hizo la incorporación de características sociodemográficas de los individuos y las particularidades del contexto a modelar.

En la segunda fase, se diseñaron y aplicaron dos encuestas en campo, en las cuales: la primera encuesta fue de opinión que permitió recolectar información sobre las características de viaje y de los individuos. Además, se logró identificar los atributos de cada alternativa a incluir en el modelo de preferencias declaradas. El diseño experimental de la encuesta de preferencias declaradas incluyó el método del diseño factorial

ortogonal fraccionado para la construcción de las alternativas a presentar a usuarios mediante un cuestionario de juegos de elección. La aplicación de ambas encuestas fue diseñada y aplicada en la estación E05 de Durán.

Por último, en la tercera etapa se realizó la tabulación de los datos que alimentarían a los Modelos Logit Multinomial propuestos. El análisis permitió conocer la preferencia de elección de los usuarios en base a la información de los atributos de las alternativas y las características sociodemográficas de los individuos, así como también determinar inferencias sobre las relaciones entre los atributos. De este modo, se encontró que:

En base a los resultados obtenidos en la encuesta de preferencia declaradas para usuarios del grupo uno (Usuarios que caminan desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán), las variables sociodemográficas no influyen en la elección de Aerovía, no obstante, dentro de los atributos del teleférico se identificó que la variable con un estimador con signo negativo más significativo fue tiempo de caminata total recorrida, lo que pudo interpretarse como, largos tiempos de caminata reducen lo atractivo de la Aerovía afectando la probabilidad de elección de la Aerovía como medio de transporte.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la encuesta de preferencia declaradas para usuarios del grupo dos (Usuarios que toman un medio de transporte desde su origen en Durán hacia la estación E05 Durán), con respecto a la variable sociodemográfica se identificó que la variable edad afecta negativa y significativamente en la utilidad del alimentador + Aerovía, es decir que personas adultas y de tercera edad prefieran el taxiruta que la combinación Alimentador y Aerovía. De manera análoga, la variable género fue significativa y también afecta en la preferencia de elección, indicando que las mujeres son más propensas a preferir la combinación de alimentador y teleférico sobre algún otro medio de transporte. Por último, la variable correspondiente al atributo de la alternativa alimentador + Aerovía, resultó más significativa la variable tiempo de caminata con un estimador beta negativo, lo cual indica que al aumentar el tiempo de caminata reduce la utilidad, es decir tiempos de caminatas más largos serán menos preferidos y esta condición influye considerablemente de forma negativa en la elección de la alternativa alimentador+ Aerovía como medio de transporte.

## Recomendaciones

Este trabajo permitió caracterizar la demanda del sistema transporte Aerovía mediante encuestas de preferencias declaradas y se encontraron los factores más ponderados por los usuarios al momento de elegir este modo de transporte. No obstante, futuras investigaciones deben considerar:

- Incluir usuarios de todas las alternativas de transporte, aumentando así la representatividad de los datos. Además, en futuras investigaciones, considerar variables como el tiempo de espera en las paradas, la comodidad percibida, la seguridad, etc.
- Dado el potencial de los modelos de elección discreta para identificar variables que influyen en la elección, los entes gubernamentales en nuestro país deberían considerar aplicar una metodología similar que permita conocer las preferencias que eligen los encuestados para asegurar la demanda potencial de proyectos de transporte que beneficia al pueblo del Ecuador
- Es muy importante que los reguladores realicen encuestas en las que hagan escenarios hipotéticos en los que se ofrecerá la implementación de nuevos servicios, como escenarios, apertura de nuevas estaciones de Aerovía o considerar la combinación del servicio de la Metrovía con la Aerovía y evaluar la nueva tarifa a implementarse.

# BIBLIOGRAFÍA

- Barrios. P. L. (2017). El transporte multimodal de mercancías en la regulación unimodal. Estudios de Deusto. Revista de Derecho Público. 65(1). 363–400. [https://doi.org/10.18543/ed-65\(1\)-2017pp363-400](https://doi.org/10.18543/ed-65(1)-2017pp363-400)
- Decreto Único Reglamentario 1079 de 2015 Nivel Nacional. (2015. mayo 26). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62514>
- Bocarejo. J. P., Velásquez. J. M., & Galarza. D. C. (2014). Challenges of implementing à la mode transport projects: Case studies of bus rapid transit and cable cars in Colombia. Transportation Research Record. 2451. 131–138. <https://doi.org/10.3141/2451-15>
- Mendoza-Arango. I. M., Echaniz. E., dell'Olio. L., & Gutiérrez-González. E. (2020). Weighted Variables Using Best-Worst Scaling in Ordered Logit Models for Public Transit Satisfaction. Sustainability 2020. Vol. 12. Page 5318. 12(13). 5318. <https://doi.org/10.3390/SU12135318>
- Verzosa. N., Greaves. S., Ho. C., & Davis. M. (2021). Stated willingness to participate in travel surveys: a cross-country and cross-methods comparison. Transportation. 48(3). 1311–1327. <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10096-x>
- Barberán. R., Laborda. J. L., & Rodrigo. F. (2019) Departamento de Economía Pública. Universidad de Zaragoza. (In)visibilidad de la tarifa. el consumo y el coste del agua: evidencia de sus determinantes con microdatos
- Cervantes Sanmiguel. K. I. (2021). Diseño de una red de transporte con un modelo bi-objetivo para optimizar el tiempo de viaje y costo de transbordos (Doctoral dissertation. Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Cola. C. C. A. (2019). El tiempo de viaje como variable crítica para la planificación del transporte público masivo y el desarrollo urbano. Prospectivas para el Gran La Plata.
- Osuna. E. E. & Newell. G. F. (1972). Control strategies for an idealized public transportation system. Transportation Science. 6(1):52–72.
- García. M. F., Ibáñez. J., & Alvira. F. (1986). El análisis de la realidad social: Métodos y técnicas de investigación. Madrid: Alianza editorial.
- Ortúzar. J. D., & Willumsen. L. G. (2008). Modelos de Transporte (Universidad de Cantabria ed.). Avda. de los Castros. s/n. 39005 Santander. España: Publican
- Rojas Tejada. A. J., Fernández Prados. J. S., & Pérez Meléndez. C. (1998). INVESTIGAR MEDIANTE ENCUESTAS Fundamentos teóricos y aspectos prácticos. Madrid: Síntesis.

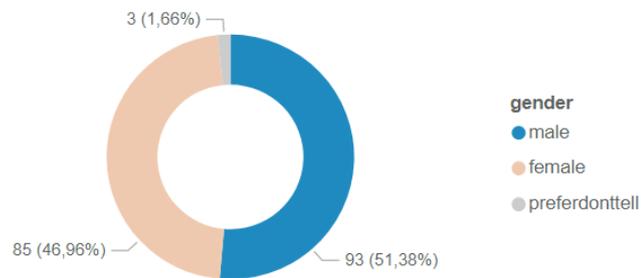
- Awad-Núñez. S.. Julio. R.. Gomez. J.. Moya-Gómez. B.. & González. J. S. (2021). Post-COVID-19 travel behaviour patterns: Impact on the willingness to pay of users of public transport and shared mobility services in Spain. *European Transport Research Review*. 13(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00476-4>
- Santander Universidades. (2021). *¿Qué es Python?* | *Blog Becas Santander*. <https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html>
- Bierlaire, M. (2021, August 6). *Biogeme*. <https://biogeme.epfl.ch/>

# Apéndice

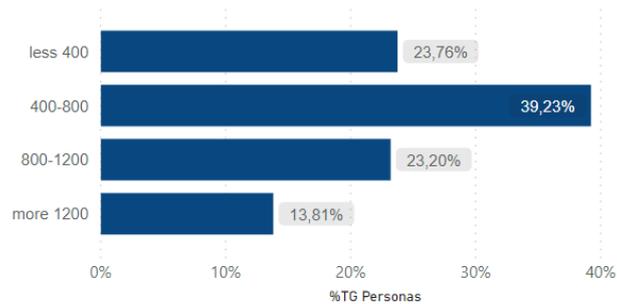
## Apéndice A

Resultados de sobre la información socio demográfica de Encuesta PD

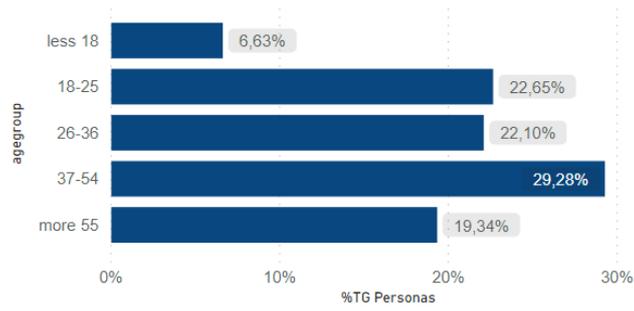
### Encuestados Grupo 1



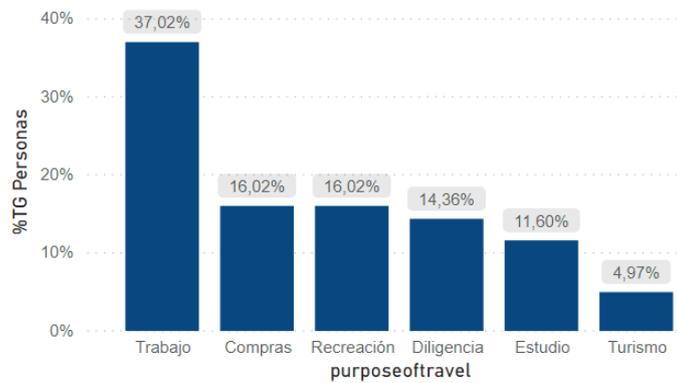
**Ilustración A. 1 Grafico pastel de la variable GENERO. [Fuente: Elaboración propia]**



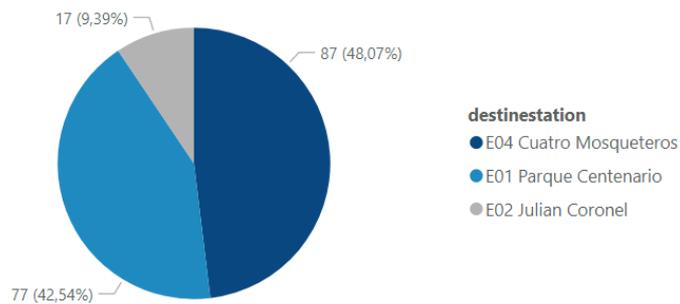
**Ilustración A. 2 Grafico de barras de la variable INGRESO MENSUAL DEL HOGAR. [Fuente: Elaboración propia]**



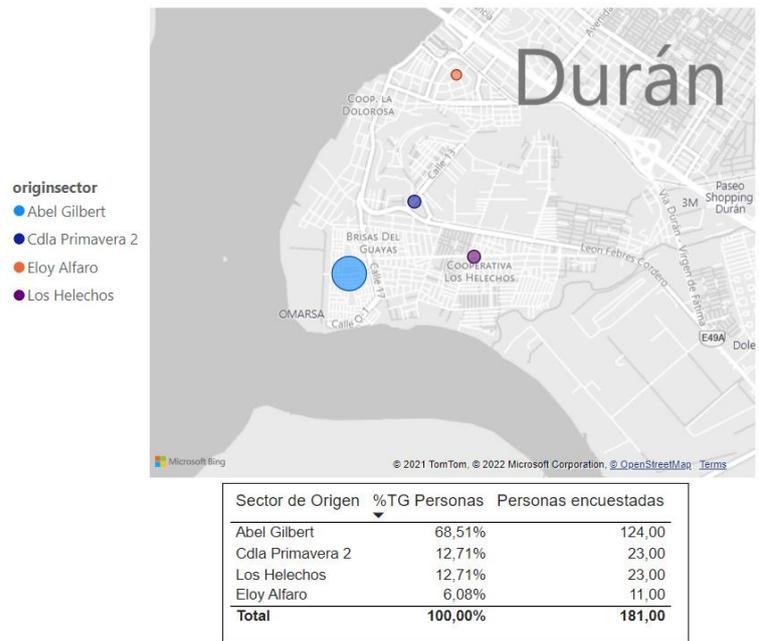
**Ilustración A. 3 Grafico de barras de la variable EDAD [Fuente: Elaboración propia]**



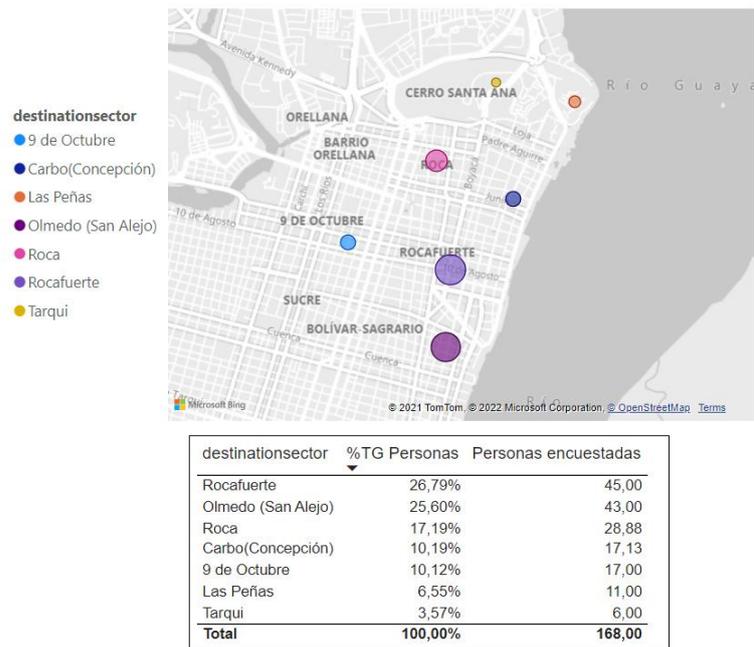
**Ilustración A. 4 Grafico de barras de la variable de MOTIVO DE VIAJE. [Fuente: Elaboración propia]**



**Ilustración A. 5 Grafico pastel de la variable ESTACION DE DESTINO. [Fuente: Elaboración propia]**



**Ilustración A. 6 Mapa georreferenciado de los sectores de origen. [Fuente: Elaboración propia]**



**Ilustración A. 7 Mapa georreferenciado de los sectores de destino. [Fuente: Elaboración propia]**

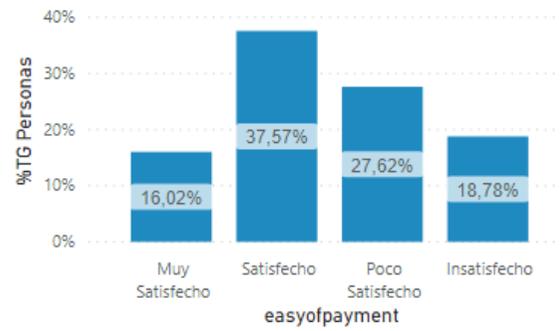
Grupo de encuestados

cercano

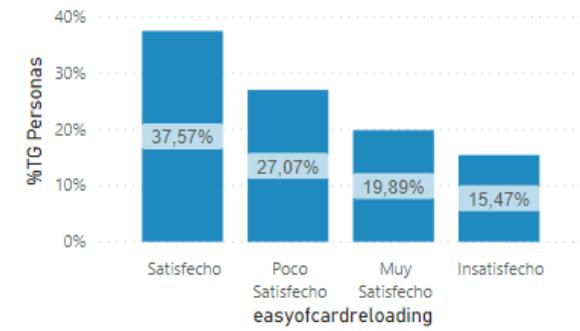
181

Total de personas encuestadas

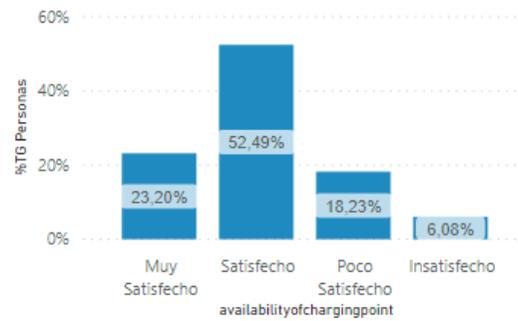
%TG Personas por easyofpayment



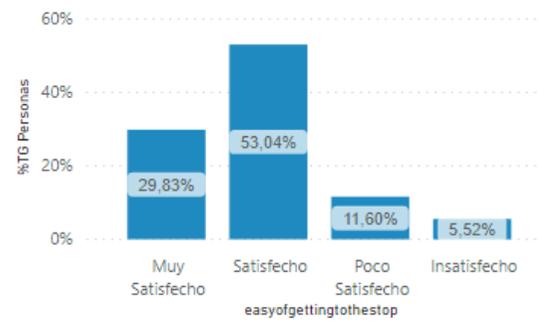
%TG Personas por easyofcardreloading



%TG Personas por availabilityofchargingpoint



%TG Personas por easyofgettingtothestop



%TG Personas por transportcost

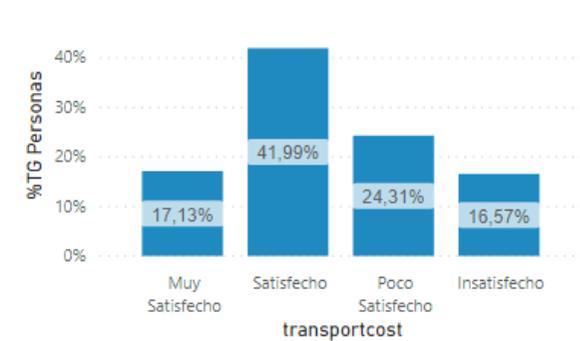


Ilustración A. 8 Gráficos de resultados de nivel de satisfacción del servicio de la Aerovía. [Fuente: Elaboración propia]

## Encuestados Grupos 2

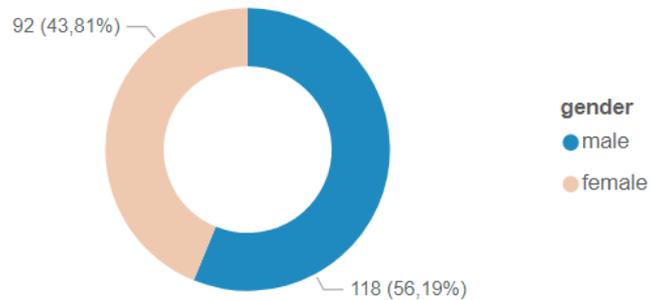


Ilustración A. 9 Grafico pastel de la variable GENERO. [Fuente: Elaboración propia]

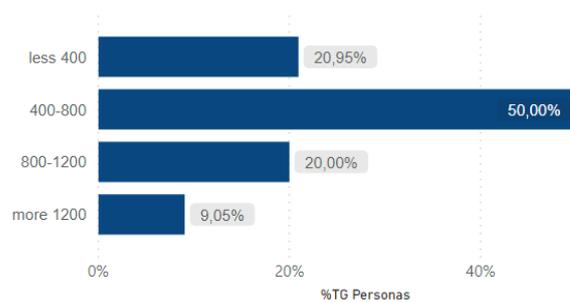


Ilustración A. 10 Grafico de barras de la variable INGRESO MENSUAL DEL HOGAR. [Fuente: Elaboración propia]

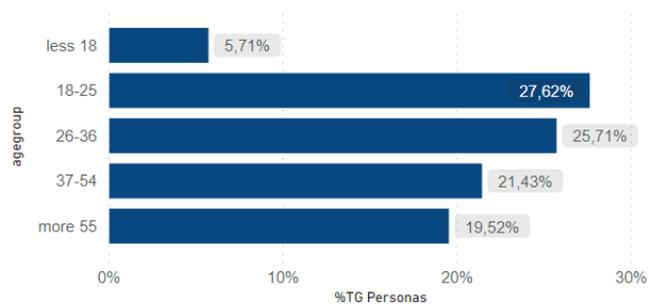
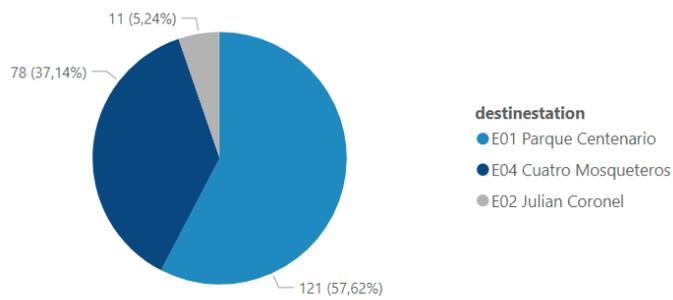


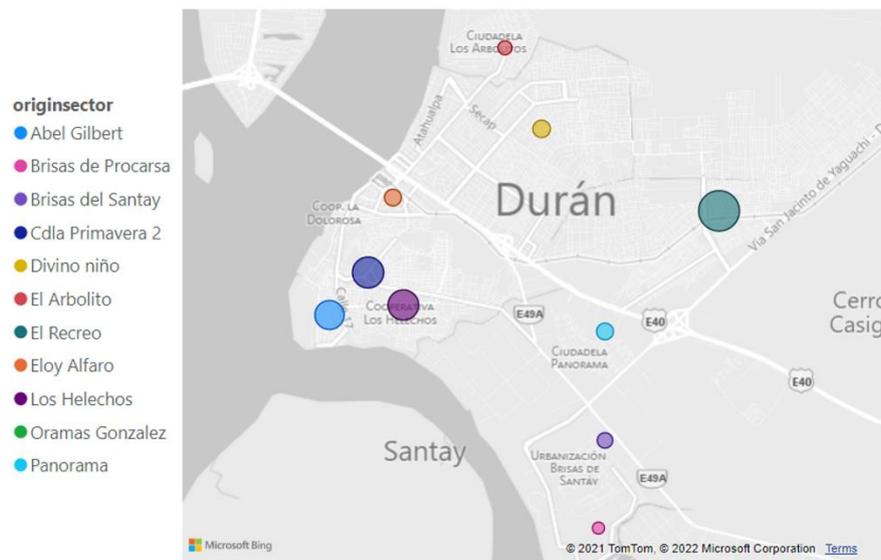
Ilustración A. 11 Grafico de barras de la variable EDAD [Fuente: Elaboración propia]



**Ilustración A. 12 Grafico de barras de la variable de MOTIVO DE VIAJE. [Fuente: Elaboración propia]**



**Ilustración A. 13 Grafico pastel de la variable ESTACION DE DESTINO. [Fuente: Elaboración propia]**



| Sector de Origen   | %TG Personas   | Personas encuestadas |
|--------------------|----------------|----------------------|
| El Recreo          | 22,38%         | 47,00                |
| Cdla Primavera 2   | 15,71%         | 33,00                |
| Los Helechos       | 15,24%         | 32,00                |
| Abel Gilbert       | 14,29%         | 30,00                |
| Divino niño        | 6,19%          | 13,00                |
| Eloy Alfaro        | 5,71%          | 12,00                |
| Panorama           | 5,71%          | 12,00                |
| Brisas del Santay  | 4,76%          | 10,00                |
| El Arbolito        | 3,81%          | 8,00                 |
| Oramas Gonzalez    | 3,81%          | 8,00                 |
| Brisas de Procarsa | 2,38%          | 5,00                 |
| <b>Total</b>       | <b>100,00%</b> | <b>210,00</b>        |

**Ilustración A. 14 Mapa georreferenciado de los sectores de origen. [Fuente: Elaboración propia]**

- destinationsector**
- 9 de Octubre
  - Batallón del Suburbio
  - Carbo(Concepción)
  - Olmedo (San Alejo)
  - Roca
  - Rocafuerte
  - Tarqui



| destinationsector     | %TG Personas   | Personas encuestadas |
|-----------------------|----------------|----------------------|
| Rocafuerte            | 31,10%         | 51,00                |
| Olmedo (San Alejo)    | 21,95%         | 36,00                |
| 9 de Octubre          | 18,29%         | 30,00                |
| Roca                  | 15,24%         | 25,00                |
| Carbo(Concepción)     | 5,49%          | 9,00                 |
| Tarqui                | 4,27%          | 7,00                 |
| Batallón del Suburbio | 3,66%          | 6,00                 |
| <b>Total</b>          | <b>100,00%</b> | <b>164,00</b>        |

**Ilustración A. 15 Mapa georreferenciado de los sectores de destino. [Fuente: Elaboración propia]**

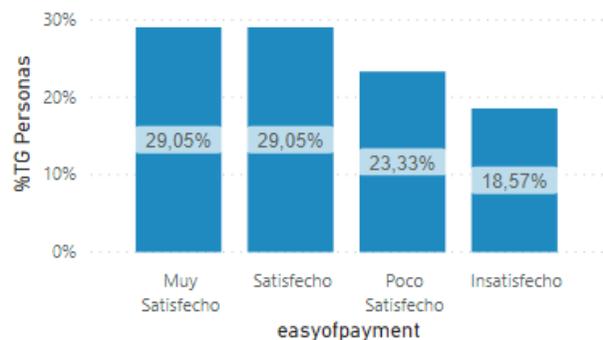
Grupo de encuestados

lejano

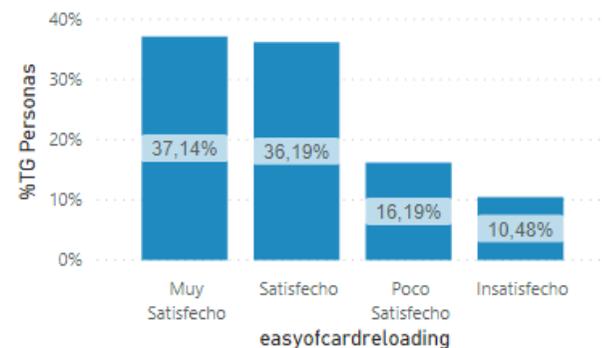
210

Total de personas encuestadas

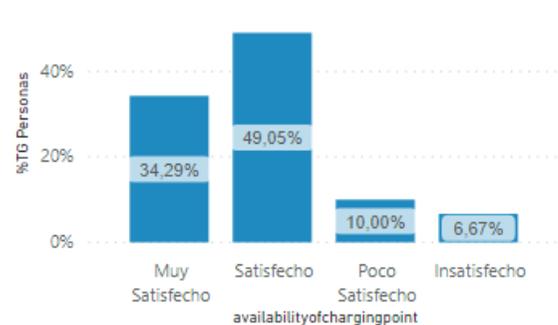
%TG Personas por easyofpayment



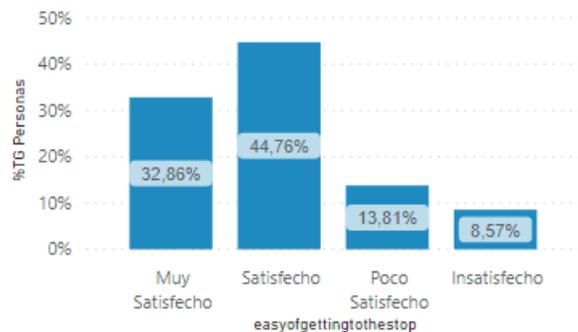
%TG Personas por easyofcardreloading



%TG Personas por availabilityofchargingpoint



%TG Personas por easyofgettingtothestop



%TG Personas por transportcost

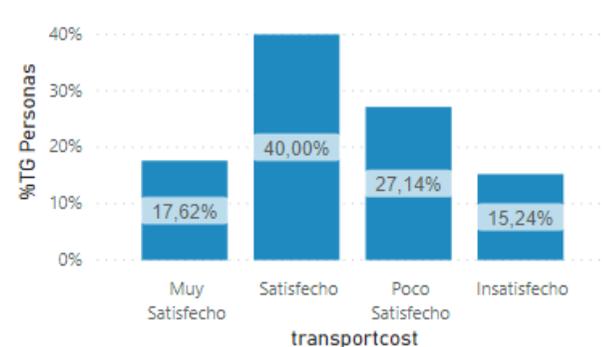


Ilustración A. 16 Resultados de Nivel de satisfacción del sistema Aerovía. [Fuente: Elaboración propia]

## Apéndice B

### Encuestas Realizadas

| Encuestador:   |  | No. Encuesta:  | Fecha: | Hora: |
|--|--|--|--------|-------|
| <b>Preguntas de segmentación</b>   |  |  |        |       |
| <b>1. ¿Cuál es su género?</b><br><input type="radio"/> Hombre<br><input type="radio"/> Mujer<br><input type="radio"/> Prefiero no decir<br><input type="radio"/> Otro _____  | <b>2. ¿Cuál es su grupo de edad?</b><br><input type="radio"/> Menor a 18<br><input type="radio"/> 18 - 25 años<br><input type="radio"/> 26 - 36 años<br><input type="radio"/> 37 - 45 años<br><input type="radio"/> 46 - 60 años<br><input type="radio"/> Más de 60 años | <b>3. ¿Con quién vive?</b><br><input type="radio"/> Sólo/a<br><input type="radio"/> Pareja<br><input type="radio"/> Hijos<br><input type="radio"/> Padres<br><input type="radio"/> Amigos o hermanos<br><input type="radio"/> Otro _____ |        |       |
| <b>4. ¿En que rango se encuentra el ingreso mensual del hogar?</b><br><input type="radio"/> Menor a \$400<br><input type="radio"/> \$400 - \$800<br><input type="radio"/> \$800 - \$1500<br><input type="radio"/> \$1500 - \$2000<br><input type="radio"/> Más de \$2000 | <b>5. ¿Cuál es su lugar de residencia?</b><br><input type="radio"/> Guayaquil<br><input type="radio"/> Durán<br><input type="radio"/> Otro _____   |  |        |       |
| <b>Información de viajes</b>   |  |  |        |       |
| <b>6. ¿Cuánto aproximadamente gasta al mes en transporte?</b><br><input type="radio"/> Menos de \$20<br><input type="radio"/> \$20 - \$30<br><input type="radio"/> \$30 - \$40<br><input type="radio"/> \$40 - \$50<br><input type="radio"/> Más de \$50                 | <b>7. ¿Cuál es el motivo por cual está viajando?</b><br><input type="radio"/> Trabajo<br><input type="radio"/> Compras<br><input type="radio"/> Estudio<br><input type="radio"/> Otro _____<br><input type="radio"/> Trámites<br><input type="radio"/> Visitar           |  |        |       |
| <b>8. ¿Cuál es el sector donde inició su viaje?</b>  | <input type="text"/>   |  |        |       |
| <b>9. ¿Cuál es el sector donde terminará su viaje?</b>   | <input type="text"/>   |  |        |       |

**Ilustración B. 1 Encuesta de Opinión – Caracterización de viajes parte 1. [Fuente: Elaboración propia]**

Piense un momento en el recorrido de este viaje que está realizando, desde su lugar de origen hasta su lugar de destino. Las siguientes preguntas son en base a este viaje.

**10. Indique brevemente el recorrido de su viaje**

**Ejemplo:** Camino hasta la parada para tomar el bus interurbano, viajo en bus hasta la estación Durán Aerovía, me bajo en la estación Mosqueteros y camino hasta llegar a mi destino.

---

---

---

---

11. ¿Cuánto le cuesta viajar desde su lugar de origen hasta su lugar de destino ?

12. ¿Cuánto es el tiempo aproximado (minutos) de viaje de este recorrido?

13. ¿Cuánto es el tiempo aproximado de caminata desde su lugar de origen hasta llegar a la primera parada (bus/Aerovía)?

14. ¿Cuánto es el tiempo aproximado de caminata desde la última parada (bus/Aerovía) hasta el lugar de destino?

**15. Si no tuviera la opción de la aerovía, ¿Qué modo de transporte escogería para realizar este viaje?**

- Bus
- Taxi (incluye uber, indriver, etc)
- Taxi-rutas
- No estoy seguro(a)
- Otro \_\_\_\_\_

**16. ¿Cuáles es la razón más importante por la cual elije esta ruta para movilizarse?**

- Menor costo
- Menor tiempo de viaje
- Menor tiempo de espera
- Comodidad
- Seguridad
- Otro, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

**Ilustración B. 2 Encuesta de Opinión – Caracterización de viajes parte 2. [Fuente: Elaboración propia]**

## Encuesta de preferencias declaradas de viajes

Objetivo: Esta encuesta es realizada por estudiantes de ESPOL como parte de una tesis de investigación con el objetivo de conocer las preferencias de los usuarios en la elección de un modo de transporte ante situaciones hipotéticas de viaje en el tramo Durán - Guayaquil. Esta encuesta dura aproximadamente 7 minutos.

| Encuestador: | No. Encuesta | Fecha | Hora |
|--------------|--------------|-------|------|
|              |              |       |      |

### Información Sociodemográfica

|  |                       |  |                       |
|--|-----------------------|--|-----------------------|
| <b>1. ¿Cuál es su género?</b>                                      |                       | <b>2. ¿Cuál es su grupo de edad?</b>                 |                       |
| Masculino  | <input type="radio"/> | Menor a 18   | <input type="radio"/> |
| Femenino   | <input type="radio"/> | Entre 18 - 25 años                                   | <input type="radio"/> |
| Prefiero no decir  | <input type="radio"/> | Entre 26 y 36 años                                   | <input type="radio"/> |
| Otro (Por favor especifique)                                       | <input type="radio"/> | Entre 37 y 54 años                                   | <input type="radio"/> |
|  |                       | Mayor de 55 años                                     | <input type="radio"/> |
| <b>3. ¿En qué rango se encuentra el ingreso mensual del hogar?</b> |                       | <b>4. ¿Cuál es el motivo por cual está viajando?</b> |                       |
| Menor a 400 USD  | <input type="radio"/> | Estudio  | <input type="radio"/> |
| 400-800 USD  | <input type="radio"/> | Trabajo  | <input type="radio"/> |
| 800-1200 USD   | <input type="radio"/> | Diligencia   | <input type="radio"/> |
| Más de 1200 USD  | <input type="radio"/> | Recreación   | <input type="radio"/> |
| <b>5. ¿Cuál es su lugar de residencia?</b>                         |                       | Compras  | <input type="radio"/> |
| Guayaquil  | <input type="radio"/> | Otro, ¿Cuál?   | <input type="radio"/> |
| Durán  | <input type="radio"/> |  |                       |
| Otros, ¿Cuál?  | _____                 |  |                       |

### Información de viajes

|  |  |                          |                          |                          |
|--|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Sector origen:</b> _____  | <b>Sector destino:</b> _____                 |                          |                          |                          |
| <b>Estación origen:</b> E05 Durán  | <b>Estación destino:</b>                     |                          |                          |                          |
|  | E04 Cuatro Mosqueteros <input type="radio"/> |                          |                          |                          |
|  | E02 Julián Coronel <input type="radio"/>     |                          |                          |                          |
|  | E01 Parque Centenario <input type="radio"/>  |                          |                          |                          |
| <b>6. ¿Cuál es la combinación que usa desde su hogar hasta el centro de guayaquil?</b> |  |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Aerovía  |  |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Bus - Aerovía  |  |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Aerovía - Bus  |  |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Bus - Aerovía - Bus  |  |                          |                          |                          |
| <input type="radio"/> Otro, ¿Cuál? _____   |  |                          |                          |                          |
| <b>7. Indique el nivel de satisfacción del servicio del sistema de la Aerovía en:</b>  |  |                          |                          |                          |
|  | <b>Muy satisfecho</b>                        | <b>Satisfecho</b>        | <b>Poco satisfecho</b>   | <b>Insatisfecho</b>      |
| Facilidad de forma de pago   | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Facilidad de carga de tarjeta  | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Disponibilidad de los puntos de carga  | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Facilidad de llegar a las paradas  | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Costo de transporte  | <input type="checkbox"/>                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**Ilustración B. 3 Encuesta de Preferencia declaradas de viajes. [Fuente: Elaboración propia]**

| Preferencias declaradas   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    | No. |
|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|-----|
| A continuación, se presentan 8 situaciones hipotéticas en las que debe elegir su modo de transporte preferido según el costo, el tiempo de viaje en vehículo y el tiempo de caminata total del recorrido. |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <b>#1.1 Marque con una X</b>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <i>Situación 1</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 20min              | \$0,40  | 21 min          | 25 min             | \$1,25  | 15 min          | 14 min             |     |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 2</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 17 min             | \$0,40  | 30 min          | 34 min             | \$1,25  | 35 min          | 10 min             |     |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 3</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 20 min             | \$0,70  | 24 min          | 8 min              | \$1,25  | 26 min          | 11 min             |     |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 4</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 19 min             | \$0,70  | 24 min          | 6 min              | \$1,25  | 30 min          | 13 min             |     |
|   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <i>Situación 5</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 13 min             | \$0,70  | 24 min          | 7 min              | \$1,25  | 44 min          | 18 min             |     |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 6</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 11 min             | \$0,70  | 24 min          | 10 min             | \$1,25  | 15 min          | 15 min             |     |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 7</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 15 min             | \$0,70  | 24 min          | 9 min              | \$1,25  | 43 min          | 20 min             |     |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 8</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 17 min          | 14 min             | \$0,70  | 24 min          | 10 min             | \$1,25  | 20 min          | 15 min             |     |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |

**Ilustración B. 4** Plantilla de encuesta de preferencia declaradas grupo 1 parte 1.

[Fuente: Elaboración propia]

| Preferencias declaradas   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    | No. |  |
|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|-----|--|
| A continuación, se presentan 8 situaciones hipotéticas en las que debe elegir su modo de transporte preferido según el costo, el tiempo de viaje en vehículo y el tiempo de caminata total del recorrido. |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| <b>#1.2 Marque con una X</b>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 1</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 18 min             | \$0,40  | 22 min          | 34 min             | \$1,25  | 33 min          | 16 min             |     |  |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 2</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 24 min             | \$0,40  | 27 min          | 34 min             | \$1,25  | 19 min          | 19 min             |     |  |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 3</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 19 min             | \$0,70  | 25 min          | 9 min              | \$1,25  | 44 min          | 18 min             |     |  |
|    |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 4</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 21 min             | \$0,70  | 28 min          | 8 min              | \$1,25  | 18 min          | 14 min             |     |  |
|   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 5</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 12 min             | \$0,70  | 23 min          | 34 min             | \$1,25  | 28 min          | 19 min             |     |  |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 6</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 10 min             | \$0,70  | 29 min          | 34 min             | \$1,25  | 22 min          | 15 min             |     |  |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 7</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 11 min             | \$0,70  | 24 min          | 5 min              | \$1,25  | 25 min          | 10 min             |     |  |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |  |
| <i>Situación 8</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |  |
| Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |  |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |  |
| \$0,70  | 17 min          | 15 min             | \$0,70  | 26 min          | 7 min              | \$1,25  | 38 min          | 18 min             |     |  |
|    |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |  |

**Ilustración B. 5** Plantilla de encuesta de preferencia declaradas grupo 1 parte 2.

[Fuente: Elaboración propia]

| Preferencias declaradas   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    | No. |
|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|-----|
| A continuación, se presentan 8 situaciones hipotéticas en las que debe elegir su modo de transporte preferido según el costo, el tiempo de viaje en vehículo y el tiempo de caminata total del recorrido. |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <b>#2.1 Marque con una X</b>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <i>Situación 1</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 37 min          | 15 min             | \$0,40  | 32 min          | 23 min             | \$1,25  | 30 min          | 11 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 2</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 30 min          | 15 min             | \$0,40  | 43 min          | 23 min             | \$1,25  | 28 min          | 16 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 3</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 40 min          | 15 min             | \$0,70  | 32 min          | 5 min              | \$1,25  | 38 min          | 12 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 4</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 39 min          | 18 min             | \$0,70  | 34 min          | 10 min             | \$1,25  | 22 min          | 14 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 5</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 37 min          | 20 min             | \$0,40  | 32 min          | 18 min             | \$1,25  | 16 min          | 15 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 6</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 40 min          | 18 min             | \$0,40  | 40 min          | 21 min             | \$1,25  | 40 min          | 10 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 7</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 36 min          | 19 min             | \$0,70  | 30 min          | 7 min              | \$1,25  | 23 min          | 15 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 8</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 31 min          | 19 min             | \$0,70  | 40 min          | 9 min              | \$1,25  | 36 min          | 13 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |

Ilustración B. 6 Plantilla de encuesta de preferencia declaradas grupo 2 parte 1.

[Fuente: Elaboración propia]

| Preferencias declaradas   |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    | No. |
|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|---|-----------------|--------------------|-----|
| A continuación, se presentan 8 situaciones hipotéticas en las que debe elegir su modo de transporte preferido según el costo, el tiempo de viaje en vehículo y el tiempo de caminata total del recorrido. |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <b>#2.2 Marque con una X</b>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| <i>Situación 1</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 34 min          | 18 min             | \$0,40  | 31 min          | 23 min             | \$1,25  | 19 min          | 18 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 2</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 37 min          | 19 min             | \$0,40  | 45 min          | 21 min             | \$1,25  | 33 min          | 15 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 3</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 36 min          | 16 min             | \$0,70  | 30 min          | 5 min              | \$1,25  | 25 min          | 13 min             |     |
|  +                                      |                 |                    |    |                 |                    |    |                 |                    |     |
| <i>Situación 4</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$0,70  | 30 min          | 19 min             | \$0,70  | 45 min          | 8 min              | \$1,25  | 34 min          | 17 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 5</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 38 min          | 18 min             | \$0,40  | 31 min          | 19 min             | \$1,25  | 44 min          | 15 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 6</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 36 min          | 17 min             | \$0,40  | 40 min          | 15 min             | \$1,25  | 43 min          | 15 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 7</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 37 min          | 19 min             | \$0,70  | 35 min          | 9 min              | \$1,25  | 37 min          | 16 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |
| <i>Situación 8</i>  |                 |                    |   |                 |                    |   |                 |                    |     |
| Bus + Aerovía   |                 |                    | Bus   |                 |                    | Taxiruta  |                 |                    |     |
| Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata | Costo   | Tiempo de viaje | Tiempo de caminata |     |
| \$1,00  | 34 min          | 16 min             | \$0,70  | 42 min          | 7 min              | \$1,25  | 16 min          | 19 min             |     |
|  +                                  |                 |                    |  |                 |                    |  |                 |                    |     |

**Ilustración B. 7** Plantilla de encuesta de preferencia declaradas grupo 2 parte 2.

[Fuente: Elaboración propia]

## Apéndice C

### Apéndice C1: Código de Python usando la librería de Biogeme Cercano

Step1 : Import the packages

```
import pandas as pd
import biogeme.database as db
import biogeme.biogeme as bio
from biogeme import models
from biogeme.expressions import *
```

Step 2: Prepare the data

# Read the data

```
df = pd.read_csv('data_cercanocod.txt', sep='\t')
df.describe()
```

Import the header for future use in the formula

```
database = db.Database('data_cercanocod', df)
```

# The following statement allows you to use the names of the  
# variable as Python variable.

```
globals().update(database.variables)
```

Remove data

```
database.getSampleSize()
```

Model specification

Parameters to be estimated

# Parameters to be estimated

```
ASC_AEROVIA = Beta('ASC_AEROVIA', 0, None, None, 1)
```

```
ASC_BUS = Beta('ASC_BUS ', 0, None, None, 0)
```

```
ASC_TAXIRUTA = Beta('ASC_TAXIRUTA ', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_TRAVEL = Beta('B_AEROVIA_TRAVEL ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_TRAVEL = Beta('B_BUS_TRAVEL', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_TRAVEL = Beta('B_TAXIRUTA_TRAVEL', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_COST = Beta('B_AEROVIA_COST ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_COST = Beta('B_BUS_COST', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_COST = Beta('B_TAXIRUTA_COST', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_WT = Beta('B_AEROVIA_WT ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_WT = Beta('B_BUS_WT', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_WT = Beta('B_TAXIRUTA_WT', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_PURPOSE_JOB = Beta('B_AEROVIA_PURPOSE_JOB ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_PURPOSE_JOB = Beta('B_BUS_PURPOSE_JOB', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_PURPOSE_JOB = Beta('B_TAXIRUTA_PURPOSE_JOB', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_AGE = Beta('B_AEROVIA_AGE ', 0, None, None, 0)
```

B\_BUS\_AGE = Beta('B\_BUS\_AGE', 0, None, None, 0)  
 B\_TAXIRUTA\_AGE = Beta('B\_TAXIRUTA\_AGE', 0, None, None, 0)  
 B\_AEROVIA\_INCOME = Beta('B\_AEROVIA\_INCOME ', 0, None, None, 0)  
 B\_BUS\_INCOME = Beta('B\_BUS\_INCOME', 0, None, None, 0)  
 B\_TAXIRUTA\_INCOME = Beta('B\_TAXIRUTA\_INCOME', 0, None, None, 0)  
 B\_AEROVIA\_GEN = Beta('B\_AEROVIA\_GEN ', 0, None, None, 0)  
 B\_BUS\_GEN = Beta('B\_BUS\_GEN', 0, None, None, 0)  
 B\_TAXIRUTA\_GEN = Beta('B\_TAXIRUTA\_GEN', 0, None, None, 0)  
 MU = Beta('MU', 1, 1, None, 0)

Definition of new variables

# Definition of new variables

#AV disponibilidad de las variables

AEROVIA\_AV\_SP = 1

BUS\_AV\_SP = 1

TAXIRUTA\_AV\_SP = 1

AEROVIA\_COST\_SC = COST\_AEROVIA\*100

BUS\_COST\_SC = COST\_BUS\*100

TAXIRUTA\_COST\_SC = COST\_TAXIRUTA\*100

Specification of the utility functions

# Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )

AEROVIA = B\_AEROVIA\_COST \* AEROVIA\_COST\_SC + B\_AEROVIA\_TRAVEL \* TT\_AEROVIA +  
 B\_AEROVIA\_WT \*

WT\_AEROVIA+B\_AEROVIA\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+B\_AEROVIA\_AGE\*agegroup+B\_AERO  
 VIA\_INCOME\*incomegroup+ B\_AEROVIA\_GEN\*gender

BUS = ASC\_BUS + B\_BUS\_COST \* BUS\_COST\_SC + B\_BUS\_TRAVEL \* TT\_BUS + B\_BUS\_WT \*

WT\_BUS+B\_BUS\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+B\_BUS\_AGE\*agegroup+B\_BUS\_INCOME\*income  
 group+B\_BUS\_GEN\*gender

TAXIRUTA = ASC\_TAXIRUTA + B\_TAXIRUTA\_COST \* TAXIRUTA\_COST\_SC +  
 B\_TAXIRUTA\_TRAVEL\*TT\_TAXIRUTA + B\_TAXIRUTA\_WT \*

WT\_TAXIRUTA+B\_TAXIRUTA\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+ B\_TAXIRUTA\_AGE\*agegroup+  
 B\_TAXIRUTA\_INCOME\*incomegroup+B\_TAXIRUTA\_GEN\*gender

Associate the utility functions with the numbering of the alternatives

# Associate utility functions with the numbering of alternatives

V = {1: AEROVIA, 2: BUS, 3: TAXIRUTA}

Associate the availability conditions with the alternatives

# Associate the availability conditions with the alternatives

av = {1: AEROVIA\_AV\_SP, 2: BUS\_AV\_SP, 3: TAXIRUTA\_AV\_SP}

The contribution to the log likelihood functions is the logarithm of a logit model

```
# Definition of the model. This is the contribution of each
# observation to the log likelihood function.
logprob = models.loglogit(V, av, CHOICE)
Biogeme
# Create the Biogeme object
biogeme = bio.BIOGEME(database, logprob)
biogeme.modelName = '01logit'
Calculate the null log likelihood for reporting
# Calculate the null log likelihood for reporting.
biogeme.calculateNullLoglikelihood(av)
Running the estimation
# Estimate the parameters
results = biogeme.estimate()
Read the results
# Get the results in a pandas table
pandasResults = results.getEstimatedParameters()
pandasResults
print(results)
```

## Apéndice C2: Código de Python usando la librería de Biogeme Lejano

Step1 : Import the packages

```
import pandas as pd
import biogeme.database as db
import biogeme.biogeme as bio
from biogeme import models
from biogeme.expressions import *
```

Step 2: Prepare the data

# Read the data

```
df = pd.read_csv('data_lejanocod.txt', sep='\t')
df.describe()
```

Import the header for future use in the formula

```
database = db.Database('lejano', df)
```

# The following statement allows you to use the names of the

# variable as Python variable.

```
globals().update(database.variables)
```

Remove Data

```
database.getSampleSize()
```

Model Specification

Parameters to be estimated

# Parameters to be estimated

```
ASC_AEROVIA = Beta('ASC_AEROVIA', 0, None, None, 1)
```

```
ASC_BUS = Beta('ASC_BUS ', 0, None, None, 0)
```

```
ASC_TAXIRUTA = Beta('ASC_TAXIRUTA ', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_TRAVEL = Beta('B_AEROVIA_TRAVEL ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_TRAVEL = Beta('B_BUS_TRAVEL', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_TRAVEL = Beta('B_TAXIRUTA_TRAVEL', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_COST = Beta('B_AEROVIA_COST ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_COST = Beta('B_BUS_COST', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_COST = Beta('B_TAXIRUTA_COST', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_WT = Beta('B_AEROVIA_WT ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_WT = Beta('B_BUS_WT', 0, None, None, 0)
```

```
B_TAXIRUTA_WT = Beta('B_TAXIRUTA_WT', 0, None, None, 0)
```

```
B_AEROVIA_PURPOSE_JOB = Beta('B_AEROVIA_PURPOSE_JOB ', 0, None, None, 0)
```

```
B_BUS_PURPOSE_JOB = Beta('B_BUS_PURPOSE_JOB', 0, None, None, 0)
```

B\_TAXIRUTA\_PURPOSE\_JOB= Beta('B\_TAXIRUTA\_PURPOSE\_JOB', 0, None, None, 0)

B\_AEROVIA\_AGE = Beta('B\_AEROVIA\_AGE ', 0, None, None, 0)

B\_BUS\_AGE = Beta('B\_BUS\_AGE', 0, None, None, 0)

B\_TAXIRUTA\_AGE = Beta('B\_TAXIRUTA\_AGE', 0, None, None, 0)

B\_AEROVIA\_INCOME = Beta('B\_AEROVIA\_INCOME ', 0, None, None, 0)

B\_BUS\_INCOME = Beta('B\_BUS\_INCOME', 0, None, None, 0)

B\_TAXIRUTA\_INCOME = Beta('B\_TAXIRUTA\_INCOME', 0, None, None, 0)

B\_AEROVIA\_GEN = Beta('B\_AEROVIA\_GEN ', 0, None, None, 0)

B\_BUS\_GEN = Beta('B\_BUS\_GEN', 0, None, None, 0)

B\_TAXIRUTA\_GEN = Beta('B\_TAXIRUTA\_GEN', 0, None, None, 0)

Definition of new variables

# Definition of new variables

AEROVIA\_AV\_SP = 1

BUS\_AV\_SP = 1

TAXIRUTA\_AV\_SP = 1

AEROVIA\_COST\_SC = COST\_AEROVIA\*100

BUS\_COST\_SC = COST\_BUS\*100

TAXIRUTA\_COST\_SC = COST\_TAXIRUTA\*100

Specification of the utility functions

# Id Name Avail linear-in-parameter expression (beta1\*x1 + beta2\*x2 + ... )

AEROVIA = B\_AEROVIA\_COST \* AEROVIA\_COST\_SC + B\_AEROVIA\_TRAVEL \*  
TT\_AEROVIA + B\_AEROVIA\_WT \*  
WT\_AEROVIA+B\_AEROVIA\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+B\_AEROVIA\_AGE\*agegroup+B\_AEROVIA\_INCOME\*incomegroup+ B\_AEROVIA\_GEN\*gender

BUS = ASC\_BUS + B\_BUS\_COST \* BUS\_COST\_SC + B\_BUS\_TRAVEL \* TT\_BUS +  
B\_BUS\_WT \*  
WT\_BUS+B\_BUS\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+B\_BUS\_AGE\*agegroup+B\_BUS\_INCOME\*incomegroup+B\_BUS\_GEN\*gender

TAXIRUTA = ASC\_TAXIRUTA + B\_TAXIRUTA\_COST \* TAXIRUTA\_COST\_SC +  
B\_TAXIRUTA\_TRAVEL\*TT\_TAXIRUTA + B\_TAXIRUTA\_WT \*  
WT\_TAXIRUTA+B\_TAXIRUTA\_PURPOSE\_JOB\*purposeoftravel+B\_TAXIRUTA\_AGE\*agegroup+B\_TAXIRUTA\_INCOME\*incomegroup+B\_TAXIRUTA\_GEN\*gender

Associate the utility functions with the numbering of the alternatives

# Associate utility functions with the numbering of alternatives

```
V = {1: AEROVIA, 2: BUS, 3: TAXIRUTA}
Associate the availability conditions with the alternatives
# Associate the availability conditions with the alternatives
av = {1: AEROVIA_AV_SP, 2: BUS_AV_SP, 3: TAXIRUTA_AV_SP}
The contribution to the log likelihood functions is the logarithm of a logit model
# Definition of the model. This is the contribution of each
# observation to the log likelihood function.
logprob = models.loglogit(V, av, CHOICE)
Biogeme
# Create the Biogeme object
biogeme = bio.BIOGEME(database, logprob)
biogeme.modelName = '01logit'
Calculate the null log likelihood for reporting
# Calculate the null log likelihood for reporting.
biogeme.calculateNullLoglikelihood(av)
Running the estimation
# Estimate the parameters
results = biogeme.estimate()
Read the results
# Get the results in a pandas table
pandasResults = results.getEstimatedParameters()
pandasResults
print(results)
```