



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA: “ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL USO DE LA BICICLETA COMO
TRANSPORTE ALTERNATIVO EN EL SECTOR FINANCIERO DE LA CIUDAD DE
QUITO, POR EFECTO DE ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS (COVID-19)
EMPLEANDO EL MODELO LOGIT MULTINOMIAL A TRAVÉS DEL SOFTWARE
BIOGEME.”

AUTORES:

CARLOS ANDRÉS ÁVILA FALCÓN

VÍCTOR ANDRÉS NÚÑEZ PUGARÍN

DIRECTOR: INGENIERO FREDI PAREDES

QUITO, DICIEMBRE – 2021

Director: Ing. Fredi Paredes

Lectores: Ing. Ramiro Erazo, Ing. Gonzalo Moya

DEDICATORIA

Este trabajo de disertación es dedicado a mis padres, Milton Ávila y Susana Falcón, por el esfuerzo y sacrificio que realizaron durante toda mi vida, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí.

A mis tíos, Misael Falcón y Delia Ávila, quienes siempre han creído en mí y han estado dispuestos a escucharme y ayudarme incondicionalmente en cualquier momento.

Carlos Ávila

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios que me guio y permitió que culmine una de las etapas más importantes y hermosas de mi vida, a mi familia por mostrarme su amor, esfuerzo y dedicación incondicional, estoy seguro de que sin su ayuda la historia de mi vida sería diferente, no me van a alcanzar los años para agradecerles porque el amor que demostraron es incalculable.

Víctor Núñez

AGRADECIMIENTOS:

A mis hermanos, Paulina y Danny, por siempre estar conmigo apoyándome en los mejores y peores momentos de mi vida; son mis modelos a seguir y espero algún día llegar a ayudarlos como ustedes lo hacen conmigo.

Al ingeniero Fredi Paredes, quien, con su instrucción, motivación y apoyo nos ayudó a la realización de este trabajo. A los ingenieros, Gonzalo Moya y Ramiro Erazo, quienes, con su seguimiento ayudaron a la terminación de esta tesis.

A la Pontificia Universidad de Católica del Ecuador y a todos mis profesores de la carrera por sus enseñanzas, sabiduría y consejos, que me guiaron para ser una mejor persona y profesional.

Carlos Ávila

Agradezco a Dios, porque en su voluntad e infinito amor permitió que finalice la querida carrera de Ingeniería Civil y me dio la sabiduría cuando más lo necesité para superar los diferentes obstáculos que se presentaron.

A mis padres Víctor Núñez y Elsa Pugarín, mi abuelita Elsa Díaz, mi tío Patricio Pugarín y el resto de mi familia que desde pequeños se preocuparon por mí, me instruyeron, guiaron y apoyaron, pero sobre todo me mostraron su amor, el cual me dio fuerzas para seguir adelante en los momentos más oscuros.

Al ingeniero Fredi Paredes el cual nos aconsejó, guio y a apoyó para la realización del presente trabajo de titulación. A los ingenieros Gonzalo Moya y Ramiro Erazo quienes con su seguimiento nos ayudaron a la finalización de la presente tesis.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y los profesores que tuve los cuales cambiaron para bien mi forma de pensar y afrontar el mundo real ya que no solo se preocuparon por que adquiriera conocimientos técnicos si no también me dieron lecciones valiosas para mi vida.

Víctor Núñez

RESUMEN

El presente trabajo de disertación estima la probabilidad de aceptación de la bicicleta como medio transporte, ante alternativas comúnmente usadas en el sector financiero de Quito como el bus y el taxi, considerando el alto riesgo de contagio por incumplimiento de normas de bioseguridad y distanciamiento social ante enfermedades infectocontagiosas (COVID-19). Para determinar la probabilidad de elección de la bicicleta, bus y el taxi se realizó encuestas de preferencias reveladas y declaradas; posteriormente se generó diez modelos econométricos de tipo Logit Multinomial, los cuales al ejecutarlos en el programa BIOGEME, se pudo determinar la probabilidad de aceptación de los medios de transporte estudiados, considerando variables como el costo y tiempo de viaje, la pandemia, ingresos mensuales, edad, sexo y ciclovía.

Palabras clave: probabilidad de aceptación, preferencias reveladas y declaradas, Logit multinomial, BIOGEME, transporte.

ABSTRACT

This dissertation estimates the probability of acceptance of the bicycle as an alternative transport, compared to alternatives commonly used in the financial sector of Quito such as the bus and taxi, considering the high risk of contagion due to non-compliance with biosecurity norms and social distancing from infectious diseases (COVID-19). To determine the probability of choosing the bicycle, bus and cab, revealed and declared preference surveys were carried out; subsequently, ten econometric models of the Multinomial Logit type were generated, which when executed in the BIOGEME program, it was possible to determine the probability of acceptance of the means

of transport studied considering variables such as cost and travel time, pandemic, monthly income, age, sex and bicycle path.

Keywords: probability of acceptance, revealed and declared preferences, multinomial logit, Biogeme, transport.

TABLA DE CONTENIDO.

RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVOS	3
General	3
Específicos	3
CAPITULO I	4
1.1 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
1.2 MARCO TEÓRICO	5
1.2.1 Características de los modelos de elección discreta.....	5
1.2.2 Modelos de elección discreta.	5
1.2.3 Modelos de utilidad aleatoria	6
1.2.4 Constantes específicas de alternativa	8
1.2.5 Población muestral	11
1.2.6 Conjunto de opciones C_n	12
1.2.7 Términos de error	13
1.2.8 Parte determinista de la función de utilidad	14

1.2.9	Variables cuantitativas	14
1.2.10	Variables cualitativas.....	16
1.2.11	Modelo de elección binario	17
1.2.12	Modelo Logit Multinomial	20
1.2.13	Uso del software BIOGEME.....	21
CAPITULO II.....		22
2.1	METODOLOGÍA.....	22
2.1.1	Cálculo de la muestra	22
2.2	DISEÑO DE LA ENCUESTA.....	24
2.2.1	Tipos de encuestas aplicables al modelo Logit Multinomial	24
2.2.2	Diseño de encuestas de preferencias declaradas.	27
2.3	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	44
2.4	ESTIMACIÓN DE MODELOS EN BIOGEME 3.2.6	46
2.4.1	Procedimientos iniciales.....	46
2.4.2	Importación de la base datos y preparación de datos	47
2.4.3	Especificación del modelo	51
CAPITULO III.....		56
3.1	Análisis de resultados	56
3.2	Resultados obtenidos aplicando econometría.....	61
3.2.1	MNL1 COSTO Y TIEMPO.....	63

3.2.2	MNL2 PANDEMIA	67
3.2.3	MNL3 CICLOVÍA	70
3.2.4	MNL4 ECONOMÍA.....	74
3.2.5	MNL5 PANDEMIA Y ECONOMÍA	77
3.2.6	MNL6 PANDEMIA, ECONOMÍA Y CICLOVÍA	79
3.2.7	MNL7. 1 PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y EDAD (15 – 30)	81
3.2.8	MNL7. 2 PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y EDAD (31-80).....	84
3.2.9	MNL8. 1 PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y SEXO MASCULINO	85
3.2.10	MNL8. 2 PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y SEXO FEMENINO .	86
3.3	Valor subjetivo del tiempo	88
3.3.1	Cálculo del valor subjetivo del tiempo.....	88
CAPITULO IV.....		89
4.1	CONCLUSIONES.....	89
4.2	RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA		93
ANEXOS		95

ÍNDICE DE FIGURAS.

Ilustración 1: Sector financiero de Quito	4
Ilustración 2.Crecimientos poblacionales DMQ 2016-2040.....	23
Ilustración 3.Master Plan 3. Fuente: (Kocur, 1982).....	33
Ilustración 4:Matriz de ortogonalidad	34
Ilustración 5: Fila j	36
Ilustración 6:Datos ortogonales, escenario 1	37
Ilustración 7:Ordenamiento j Escenario 1	38
Ilustración 8 Escenario 1	39
Ilustración 9 Escenario 2	40
Ilustración 10 Escenario 3	40
Ilustración 11 Escenario 4	41
Ilustración 12 Escenario 5	41
Ilustración 13 Escenario 6	42
Ilustración 14 Escenario 7	42
Ilustración 15 Escenario 8	43
Ilustración 16 Escenario 9	43
Ilustración 17. Ingreso de datos en la macro de Excel	44
Ilustración 18. Base de datos.....	45
Ilustración 19. Importación de librerías de BIOGEME	47
Ilustración 20. Código para ver la versión de BIOGEME	47
Ilustración 21. Línea de código para importar la base de datos	47

Ilustración 22. Ventana de guardar como de Excel para archivo .csv	48
Ilustración 23. Ventana de guardar como de Excel para archivo .txt	48
Ilustración 24. Formato .dat de la base de datos	48
Ilustración 25. Imprimir base de datos	49
Ilustración 26. Base de datos.....	49
Ilustración 27. Datos estadísticos de la base de datos	50
Ilustración 28. Cargar la base de datos.....	50
Ilustración 29. Globals	50
Ilustración 30. Tamaño de la muestra	51
Ilustración 31. Exclusión de variables.	51
Ilustración 32. Especificación del modelo	52
Ilustración 33. Definición de nuevas variables	53
Ilustración 34. Funciones de utilidad para MNL1	54
Ilustración 35. Codificación de las funciones de utilidad	55
Ilustración 36. Codificación de la disponibilidad de las alternativas.....	55
Ilustración 37. Definición del modelo.....	55
Ilustración 38. Creación de objetos en BIOGEME	56
Ilustración 39. Resultados en BIOGEME	56
Ilustración 40. Porcentaje de personas encuestadas en función del género.	57
Ilustración 41. Porcentaje de personas encuestadas en función de la edad.....	57
Ilustración 42. Porcentaje de personas encuestadas en función del ingreso mensual	58
Ilustración 43. Preferencia de modo de transporte de acuerdo al género.....	59
Ilustración 44. Preferencia de modo de transporte en función de la edad.....	60

Ilustración 45. Modo de transporte predilecto en función de los ingresos.....	61
Ilustración 46. Parámetros estimados para el MNL1	64
Ilustración 47. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL1.	66
Ilustración 48. Parámetros estimados MNL2.....	67
Ilustración 49. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL2.	68
Ilustración 50. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 1, 3, 6, 7, 8	69
Ilustración 51. Probabilidades de aceptación del modelo MNL2 para los escenarios 1, 3, 6, 7, 8	69
Ilustración 52. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 2, 4, 5, 9	70
Ilustración 53. Probabilidades de aceptación del modelo MNL2 para los escenarios 2, 4, 5, 9	70
Ilustración 54. . Parámetros estimados MNL3.....	71
Ilustración 55. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL3.	72
Ilustración 56. Probabilidades de aceptación del modelo MNL3 para los escenarios 1, 2, 5, 6, 7, 9.....	72
Ilustración 57. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 1, 2, 5, 6, 7, 9.....	73
Ilustración 58. Probabilidades de aceptación del modelo MNL3 para los escenarios 3, 4, 8..	73
Ilustración 59. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 3, 4, 8..	74
Ilustración 60. Parámetros estimados MNL4.....	75
Ilustración 61. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL4.	76

Ilustración 62. Probabilidades de aceptación del modelo MNL4 para los 9 escenarios.	76
Ilustración 63. Parámetros estimados MNL5	77
Ilustración 64 . Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL5.	78
Ilustración 65. Probabilidades de aceptación del modelo MNL5 para los 9 escenarios.	79
Ilustración 66. Parámetros estimados MNL5	80
Ilustración 67. Probabilidades de aceptación del modelo MNL6 para los 9 escenarios.	81
Ilustración 68. Excluir muestra (15-30 años)	81
Ilustración 69. Variable edad, base de datos	82
Ilustración 70.Parámetros estimados MNL7.1	82
Ilustración 71. Probabilidades de aceptación del modelo MNL7.1 para los 9 escenarios	83
Ilustración 72.Probabilidades de aceptación del modelo MNL7.2 para los 9 escenarios	84
Ilustración 73.Parámetros estimados MNL8.1	85
Ilustración 74. Probabilidades de aceptación del modelo MNL8.1 para los 9 escenarios	86
Ilustración 75.Probabilidades de aceptación del modelo MNL8.2 para los 9 escenarios	87

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Variables cualitativas	16
Tabla 2. Valores de Z para diferentes niveles de confianza.....	23
Tabla 3. Variable sexo.....	26
Tabla 4: Variable ingresos	26
Tabla 5: Variable tiempo.....	29
Tabla 6: Variable costo de viaje.....	29
Tabla 7: Influencia de la pandemia al uso de transporte	30
Tabla 8: Existencia de una ciclovía en la ruta de estudio	30
Tabla 9: Variables y niveles que intervienen en el estudio.....	32
Tabla 10: Referencia estudio experimental de Kocur	32
Tabla 11. Plan maestro de Kocur	33
Tabla 12: Columna i.....	36
Tabla 13: Ordenamiento ix_j	37
Tabla 14: Ordenamiento ix_j (matriz ortogonal)	37
Tabla 15: Ordenamiento ix_j para el escenario 2.....	38
Tabla 16: Ordenamiento Matriz ortogonal para el escenario 2.....	38
Tabla 17: Escenario 2.....	38
Tabla 18. Codificación numérica de las variables	45
Tabla 19. Parámetros de una variable	52
Tabla 20. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL1.....	66

Tabla 21. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL2.....	68
Tabla 22. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL3.....	71
Tabla 23. . Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL4.....	75
Tabla 24 . Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL5.....	78
Tabla 25 . Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL6.....	80
Tabla 26.Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL7.1.....	83
Tabla 27.Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL7.2.....	84
Tabla 28.Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL8.1.....	85
Tabla 29.Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL8.2.....	87
Tabla 30. Valor subjetivo del tiempo.....	89

INTRODUCCIÓN

El transporte es uno de los pilares fundamentales en la matriz productiva de un país y Ecuador no es una excepción. El 16 de marzo del 2020, el presidente Lenin Moreno declaró un estado de excepción para evitar la propagación de una nueva enfermedad infectocontagiosa como lo es la COVID-19. Este hecho hizo que el transporte público se vea afectado enormemente, ya que se impidió la movilidad y el uso libre del transporte público y privado ocasionando una desestabilidad económica en todo el país; con el pasar del tiempo los aforos del transporte público fueron incrementando hasta llegar al 100%. Bajo estas circunstancias la demanda del transporte público aumentó y no existía un medio de transporte alternativo que pueda satisfacer la problemática de movilidad, especialmente en los sectores financieros, que poco a poco fueron reactivándose.

En la presente investigación se ha recopilado información de una muestra representativa del sector financiero de Quito mediante encuestas de preferencias declaradas y reveladas para determinar la probabilidad de aceptación de la bicicleta bajo el contexto de la pandemia de COVID-19 haciendo uso del software BIOGEME, el cual es un programa computacional gratuito que permite obtener estimaciones en modelos desagregados de elección discreta (modelo logit multinomial o MNL) que con la ayuda de la econometría emplea cálculos de máxima verosimilitud, obteniendo la máxima probabilidad de elección de los medios de transporte analizados (bus, taxi y bicicleta).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto de la pandemia de COVID-19, se va a realizar un análisis probabilístico empleando el modelo Logit Multinomial a través del Software BIOGEME, para determinar la probabilidad de aceptación de la bicicleta por parte de los usuarios del transporte público en el sector financiero de la ciudad de Quito.

Este análisis probabilístico tiene por objeto dotar de información de tal forma que permita a las instituciones y organizaciones, tomar decisiones de factibilidad en proyectos donde se requiera la implementación de la bicicleta como medio de transporte alternativo, en el panorama de pandemias provocadas por enfermedades infectocontagiosas.

JUSTIFICACIÓN

Los efectos de la pandemia por COVID-19 en el Ecuador han dejado en evidencia la falta de preparación que tiene el sistema de transporte público para confrontar este tipo de situaciones, en donde medidas como el distanciamiento y aislamiento social, han provocado un desequilibrio en cuanto a la movilización de los usuarios del transporte público.

En el sector financiero de la ciudad de Quito, este desequilibrio quedó en evidencia cuando los buses del transporte público podían movilizar pasajeros en un 50% de su capacidad. Lo cual generó una demanda, de un medio de transporte alternativo, que requería ser tomada en cuenta.

En años previos al 2020, de acuerdo con el INEC (2017) el 0.45% de la población de la provincia de Pichincha usaba bicicleta como un medio de transporte para moverse. Sin embargo, durante y después del primer trimestre del año 2020 la demanda de transporte aumentó considerablemente y se empezó a incumplir los aforos y distanciamiento social al momento de optar por el transporte público.

Estos cambios y la necesidad de moverse para realizar diversas actividades, cambió la psicología de la población respecto a los transportes individuales y seguros como la bicicleta ya que podían viajar con una menor probabilidad de contagio.

Según la dirección de modos de transporte sostenible de la secretaria de movilidad del municipio de Quito, estima que el uso de la bicicleta incrementó en un 650% durante el año 2020.

Para que las instituciones u organizaciones puedan solventar esta nueva demanda, es necesario realizar un análisis probabilístico sobre la inclusión y aceptación de un medio de transporte alternativo individual, accesible, que no requiera de una inversión alta de capital y que sea amigable con el medio ambiente, como lo es la bicicleta; cumpliendo a su vez con el distanciamiento social, el cual es necesario para evitar el contagio de enfermedades infectocontagiosas como el COVID-19.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la probabilidad de aceptación del uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo en situaciones de restricción de movilidad debido a enfermedades infectocontagiosas mediante la ejecución de encuestas que permitan la calibración de un modelo en el software BIOGEME.

Específicos

- Determinar el tamaño de la muestra en el sector financiero de la ciudad de Quito.
- Realizar encuestas de acuerdo con las variables requeridas para la calibración del modelo en el Software BIOGEME.
- Discretizar los resultados de las encuestas, de tal manera que estos sean compatibles con el software BIOGEME.
- Determinar el nivel de aceptación de la bicicleta, como medio de transporte alternativo, interpretando los resultados obtenidos en el programa.

CAPITULO I

1.1 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El sector financiero de Quito está delimitado de la siguiente manera, ver Ilustración 1:

Norte: Av. Gaspar de Villarroel

Sur: Av. Colon

Este: Av. Eloy Alfaro y Av. 6 diciembre

Oeste: Av. 10 de agosto

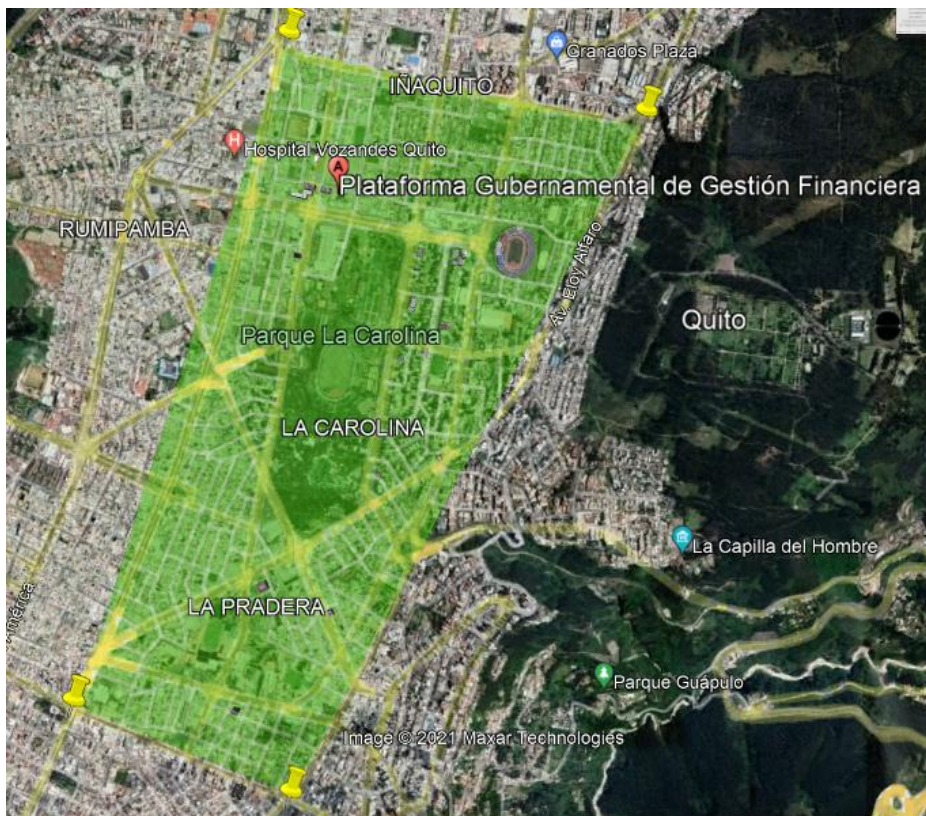


Ilustración 1: Sector financiero de Quito

El sector financiero de Quito tiene una gran concentración de población laboral, también existen lugares de recreación, como el parque la carolina, centros comerciales, restaurantes; lugares residenciales, instituciones educativas; además de edificios gubernamentales y municipales.

Debido a esto existe una gran concentración de personas que realizan viajes en la presente área de estudio.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Características de los modelos de elección discreta

Los modelos de elección discreta tienen las siguientes características:

1. Una población muestral que va a tomar las decisiones.
2. Las características de esta población.
3. Las alternativas a seleccionarse.
4. Las particularidades de estas alternativas.
5. Las reglas que la población muestral debe tomar en cuenta para realizar la elección (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

Siguiendo las características descritas anteriormente:

1. La población a tomar las decisiones es aquella que haga uso del transporte público del sector financiero de Quito.
2. La característica de la población sería el nivel socioeconómico, edad y sexo.
3. Las alternativas disponibles serán: bus, taxi o bicicleta para circular dentro de este sector.
4. Las particularidades de las alternativas son: el costo del transporte, tiempo de viaje, presencia de la pandemia, la economía que está dada por los ingresos que se perciben mensualmente y la disponibilidad de una ciclovía.

1.2.2 Modelos de elección discreta.

Los modelos de elección discreta se caracterizan por representar la elección que realiza un individuo ante un conjunto de alternativas permitiendo identificar características que el decisor

toma en cuenta al seleccionar una alternativa. Sin embargo, para cerciorarse de que se habla de un modelo de elección discreta es importante que las alternativas de estos modelos sean:

1. Excluyentes entre sí, es decir que al seleccionar una alternativa las demás se descartaran.
Por ejemplo, supongamos que se tiene dos alternativas de transporte taxi y bus. Si el decisor decide realizar su viaje de un punto A hacia un punto B en taxi, por sentido común, el individuo no podrá realizar el viaje en bus al mismo tiempo. Sin embargo, puede darse un caso en el que, el conjunto de individuos se movilen una cierta distancia en taxi y culminen su viaje tomando un bus. En este caso para que las alternativas sean mutuamente excluyentes se deberá considerar como otra alternativa el hecho de que los individuos decidan coger estos dos medios de transporte para realizar su viaje desde el punto A hacia el punto B.
2. Que se contemplen todas las posibles alternativas.
3. El número de alternativas no puede ser infinito.

Los modelos de elección discreta por lo general se basan en que el individuo tomará decisiones de tal manera que siempre intentará maximizar su utilidad. Marschak, logro explicar los estímulos en términos psicológicos como una utilidad, logrando una formulación a partir de la maximización de la utilidad (teoría de máxima verosimilitud). De esta manera los modelos que pueden obtenerse reciben el nombre de modelos de utilidad aleatoria (Train, 2014).

1.2.3 Modelos de utilidad aleatoria

Los modelos de utilidad aleatoria se basan en que un individuo llamado n , el cual será el que tomará las decisiones y elegirá entre un conjunto de alternativas denotado como J . El individuo al seleccionar una alternativa obtendrá un nivel de utilidad. Esta utilidad que el individuo n obtiene al escoger una alternativa j estará denotada como U_{nj} , donde $j=1, \dots, J$. El individuo escoge la

alternativa que le supone la máxima utilidad. Se debe tomar en cuenta que esta utilidad es solamente conocida por el individuo. Por lo cual el individuo escogerá la alternativa i si y solo si la utilidad que el individuo n obtiene al escoger la alternativa i es mayor a la utilidad que el individuo n obtiene al escoger la alternativa j (Train, 2014).

$$U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i \quad [1]$$

En este punto un modelador quiere medir esta utilidad, pero como este no puede observar la utilidad del individuo n . El modelador identifica algunos atributos, denotados como $X_{nj} \forall j$, de las alternativas a las cuales está sujeto el individuo; y a su vez identifica algunos atributos del individuo, denotados como S_n . Identificados estos atributos, el modelador puede determinar una función, a la cual se la conocerá como función de utilidad representativa y que relacionará estos atributos observados con la utilidad que percibe el individuo. Esta función se la denotara como $V_{nj} = V(X_{nj}, S_n)$. Comúnmente, V depende de parámetros desconocidos para el modelador por lo cual son estimados estadísticamente.

Como hay atributos que el modelador no puede observar se puede inferir que $V_{nj} \neq U_{nj}$. Por lo cual la utilidad se puede descomponer como:

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad [2]$$

Donde ε_{nj} es un término que engloba todos los atributos que afectan a la utilidad U_{nj} y que no están inmersos en V_{nj} . Al no conocerse este término se tratará como una variable aleatoria. La densidad de probabilidad conjunta del vector aleatorio $\varepsilon'_n = \langle \varepsilon_{n1}, \dots, \varepsilon_{nJ} \rangle$ se denota como $f(\varepsilon_n)$ (Train, 2009). Con lo cual la probabilidad de que el individuo n escoja la alternativa i es:

$$P_{ni} = Prob (U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i) \quad [3]$$

$$= Prob (V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \forall j \neq i) \quad [4]$$

$$= Prob(\varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nj} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i) \quad [5]$$

$$= \int_{\varepsilon} I(\varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nj} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i) f(\varepsilon_n) d\varepsilon_n \quad [6]$$

Donde $I(\varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nj} < V_{ni} - V_{nj} \forall j \neq i) f(\varepsilon_n) d\varepsilon_n$ es una función que será igual a 1 cuando la diferencia de los términos que no están inmersos en la utilidad que el modelador puede observar, $\varepsilon_{ni} - \varepsilon_{nj}$, sea menor a la diferencia de las utilidades deterministas u observables, $V_{ni} - V_{nj}$; caso contrario tomara el valor de 0. Si se realizan diferentes suposiciones sobre cómo se distribuye esta expresión se pueden obtener los diferentes modelos de elección discreta, como el modelo logit binario, modelo logit multinomial, modelos probit, entre otros. (Train, 2009).

1.2.4 Constantes específicas de alternativa

Es común que la parte observada de la utilidad se la vea como una función lineal con respecto a los atributos más una constante es decir que:

$$V_{nj} = X'_{nj}\beta + k_j \quad [7]$$

Donde X_{nj} es un vector que contiene a los atributos que caracteriza a la alternativa j , β es una constante también llamada coeficiente de estos atributos; mientras que k_j es una constante que define a la alternativa j .

Se debe considerar que si se incluyen constantes específicas, k_j , a la alternativa; la parte de la utilidad que no es observada por el modelador, es decir ε_{nj} tiene media cero por la manera en que se construye. Es decir que si:

$$U_{nj} = X'_{nj}\beta + \varepsilon_{nj}^* \text{ con } E(\varepsilon_{nj}^*) = k_j \wedge k_j \neq 0 \quad [8]$$

$$\therefore U_{nj} = X'_{nj}\beta + \varepsilon_{nj} + k_j \text{ con } E(\varepsilon_{nj}) = 0 \quad [9]$$

Por lo tanto, es conveniente que cada alternativa incluya una constante específica en V_{nj} . Sin embargo, lo más importante son las diferencias de utilidad, debido a que la probabilidad de elección solo depende de la diferencia en la utilidad y no de su nivel absoluto (Train, 2009). Por lo tanto, es necesario constituir el nivel global de estas constantes, como se muestra en el siguiente ejemplo.

Se supone que se tiene dos medios de transporte, bicicleta y bus. Su utilidad estará dada por:

$$U_{bici} = \alpha T_{bici} + \beta C_{bici} + k_{bici}^0 + \varepsilon_{bici} \quad [10]$$

$$U_{bus} = \alpha T_{bus} + \beta C_{bus} + k_{bus}^0 + \varepsilon_{bus} \quad [11]$$

Con $k_{bici}^0 - k_{bus}^0 = d$, se puede tener un modelo equivalente:

$$U_{bici} = \alpha T_{bici} + \beta C_{bici} + k_{bici}^1 + \varepsilon_{bici} \quad [12]$$

$$U_{bus} = \alpha T_{bus} + \beta C_{bus} + k_{bus}^1 + \varepsilon_{bus} \quad [13]$$

Donde la diferencia de las constantes específicas del modelo equivalente es igual a la diferencia de las constantes específicas del modelo inicial, es decir:

$$k_{bici}^1 - k_{bus}^1 = d = k_{bici}^0 - k_{bus}^0 \quad [14]$$

Por lo tanto, cualquier modelo donde resulte la misma diferencia entre constantes será equivalente. Por otra parte, estimar estas dos constantes específicas de manera simultánea resulta imposible debido a que hay infinitas combinaciones de valores donde se obtenga la misma diferencia y que dan como resultado las mismas probabilidades de elección.

Por esta razón es necesario que se normalicen los niveles absolutos de las constantes, para ello, se normaliza una de las constantes específicas a cero. Continuando con el ejemplo dado se podría normalizar la constante específica de la alternativa bicicleta.

$$U_{bici} = \alpha T_{bici} + \beta C_{bici} + \varepsilon_{bici} \quad [15]$$

$$U_{bus} = \alpha T_{bus} + \beta C_{bus} + k_{bus} + \varepsilon_{bus} \quad [16]$$

Donde $k_{bus} = d$, que no es más que la diferencia entre las constantes específicas originales sin normalizar. De esta manera se puede concluir que la constante específica bus es el efecto medio de los atributos no incluidos en la utilidad de la alternativa bus respecto a la alternativa bicicleta.

Al tenerse J alternativas, y aplicando esta metodología se puede inferir que se puede tener como máximo J-1 constantes específicas en el modelo, debido a que una de estas constantes siempre estará normalizada a cero. Es importante mencionar que el modelo no se verá afectado dependiendo de que constante específica se normalice, ya que lo único que se está haciendo es que las diferencias entre constantes específicas se realicen respecto a la constante específica normalizada.

El investigador podría normalizar a un valor distinto de cero, sin embargo, no existe ninguna razón para hacerlo ya que la normalización a cero es más sencilla (la constante simplemente se deja fuera del modelo) y tiene el mismo efecto (Train, 2014).

1.2.5 Población muestral

Se refiere a la persona o conjunto de personas que toman decisiones; es decir un individuo o persona física y a partir de este momento a esta población se la conocerá por la letra n .

Hay que considerar que las personas tienen diferentes gustos y comportamientos, por tal motivo cada individuo puede tomar diferentes decisiones y es necesario recolectar información sobre estos. Las personas que toman las decisiones en los modelos desagregados se caracterizan por:

- Ingresos
- Sexo
- Edad

El conjunto de opciones o alternativas, en el caso de demanda de transporte vienen dados por bus, taxi y bicicleta, carro, moto, metro, entre otros. A este conjunto de alternativas se lo puede definir como un conjunto de alternativas universal debido a que compone de todas las alternativas disponibles en un entorno; en este caso se utilizará un conjunto de alternativas específico el cual será bus, taxi y bicicleta. Se excluye la alternativa de carro debido a que no todos los individuos disponen de esta opción y en caso de disponer es menos probable que opten por cambiar a la bicicleta.

Una vez identificado el conjunto de opciones asociadas para cada individuo es necesario caracterizar este conjunto como puede ser por el precio, el tiempo de viaje, la frecuencia, el medio de transporte y la comodidad. Hay que tomar en cuenta que existen variables discretas y continuas como lo es el caso del tiempo de viaje donde cada medio de transporte tendrá que afrontar un tiempo de viaje, por lo tanto, este tipo de variable se la denominará continua, mientras que la frecuencia de un medio de transporte es una variable discreta.

1.2.6 Conjunto de opciones C_n

El conjunto de opciones C_n esta dado por la lista de alternativas. Se debe diferenciar entre dos tipos de conjuntos de opciones, el primer tipo de conjunto es el conjunto de elección universal visto desde el punto de vista del analista. Este conjunto contiene todas las alternativas que la población y el analista considera relevantes. Un ejemplo de este primer conjunto sería cuando se desea modelar la elección de medios de transporte para movilizarse en el sector financiero de Quito. Al analista le interesa conocer todos los tipos de transportes existentes disponibles en dicho sector de Quito. Las personas pueden movilizarse haciendo uso del transporte público, pueden conducir sus vehículos, caminar, tomar un transporte privado como el taxi.

El segundo conjunto es el conjunto de opciones individuales que considera el punto de vista del viajero, también considera que no todas las personas tienen acceso a todos los tipos de transporte anteriormente mencionados, por ejemplo, si una persona no dispone de licencia de conducir o de un automóvil, no podrá hacer uso de este.

Los modelos que se desean analizar son modelos operativos en donde se puede identificar el conjunto de opciones del individuo, por ejemplo, se puede plantear una regla en la que movilizarse caminando no exceda una distancia de 5km. Estas reglas permiten que el modelo no sea arbitrario y sea determinista.

Para representar las condiciones de disponibilidad se hará uso de un indicador que mostrará si la alternativa pertenece al conjunto de opciones δ_{in} .

$$\delta_{in} = \begin{cases} 1 & \text{si } i \in C_n \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

1.2.6.1 Modelo de elección

$$P_n(i|C_n) = P_n(i|\delta_n, C) = \Pr(U_{in} + \ln\delta_{in} \geq U_{jn} + \ln\delta_{jn}) \quad [17]$$

Para estructurar el modelo de elección es necesario usar este indicador δ_{in} como una variable. Entonces se puede escribir el modelo de elección condicionado al conjunto de opciones C_n , en un modelo de elección condicionado al conjunto de opciones universal y al conjunto de variables δ , utilizando la teoría de la utilidad se obtiene que la probabilidad de elegir la alternativa i es igual a la probabilidad de que U_{in} más el logaritmo natural de δ_{in} sea mayor entre todas las alternativas del conjunto de opciones. Donde, Si δ_{in} es igual a 1, el registro de δ_{in} será 0, con lo cual se vuelve a la utilidad original, y si δ_{in} es igual a 0, el logaritmo natural de 0 dará menos infinito lo cual nos indica que esta utilidad no puede ser más grande de lo posible. De esta forma se puede escribir el modelo como una función del conjunto universal o como una función del conjunto individual (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

1.2.7 Términos de error

Para definir los términos de error se hará uso de los mismos conceptos que se usaron para el modelo Logit binario donde se supone que los ε_{in} son variables aleatorias que son independientes entre alternativas e individuos y se distribuyen de forma idéntica como una distribución de valor extremo considerando un valor de 0 para el parámetro de ubicación y μ para el parámetro de escala; siendo este parámetro de escala el mismo para todos los individuos n y todas las alternativas j . Para la estimación la escala es normalizada a 1 ($\mu=1$).

1.2.8 Parte determinista de la función de utilidad

$$V_{nj} = V(X_{nj}, S_n) \quad [18]$$

Esta parte determinista V_{nj} es una función de las variables consideradas. Estas variables se dividen en dos categorías: z_{nj} y pueden variar entre atributos y alternativas, que son los atributos de la alternativa y S_n que son las características socioeconómicas del individuo.

Para simplificar la notación de las variables z_{in} y S_n , se usará un vector X_{nj} , siempre y cuando no exista una diferencia entre los atributos y las características socioeconómicas.

$$x_{nj} = (z_{nj}, S_n) \quad [19]$$

$$V_{nj} = V(z_{nj}, S_n) = V(x_{nj}) = \sum_k \beta_k (x_{nj})_k \quad [20]$$

En resumen β_{nj} no es más que una combinación lineal de estas variables y los coeficientes que acompañan a esta combinación lineal, son en realidad parámetros desconocidos que se estimaran por observaciones y se los denotará como β_k (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

1.2.9 Variables cuantitativas

Están representadas por números reales denotados por $(z_{nj})_k$, que estan asociadas por una unidad específica y que pueden variar por las alternativas i y los individuos n .

Se tiene varios ejemplos:

- Tiempo en el automóvil, en minutos.
- Tarifa de tránsito, en dólares.

- Tiempo de caminata hasta la parada de autobús, en minutos.
- Tiempo de tránsito en el vehículo, en minutos.

La parte determinista de la función (V_{in}), es adimensional, por lo tanto, la unidad de β_k dependerá de la unidad del atributo asociado.

$$V_{ni} = \beta_1 TT_{ni} + \dots \quad [21]$$

$$V_{nj} = \beta_1 TT_{nj} + \dots \quad [22]$$

o

$$V_{ni} = \beta_1 TT_{ni} + \dots \quad [23]$$

$$V_{nj} = \beta_2 TT_{nj} + \dots \quad [24]$$

Se debe considerar que cuando se tiene una variable cuantitativa en una especificación es necesario definir si esta variable genérica o alternativa específica. Será genérica si los coeficientes son los mismos para i y para j como puede ser el tiempo de viaje de un automóvil y el tiempo de viaje en autobús, estas dos variables tendrán un mismo coeficiente β . Mientras que una variable será alternativa específica cuando el coeficiente β no sea el mismo para i y j como puede ser el caso cuando se desea calcular el impacto de tiempo de viaje para la alternativa i y el impacto de tiempo de viaje para la alternativa j (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

1.2.9.1 Características cuantitativas socioeconómicas

Las variables socioeconómicas son notadas por $(S_n)_k$, siendo un número real que no varía entre alternativas y solo varía entre individuos. Algunos ejemplos pueden ser los ingresos anuales en dólares y la edad en años los cuales no varían en función de las alternativas de transporte elegido.

1.2.10 Variables cualitativas

Para modelar una variable cualitativa es necesario identificar todos los niveles posibles de esta variable, de modo que se la considerará como una variable discreta. Por ejemplo, si se toma la variable comodidad se puede identificar cuatro niveles: muy cómodo, cómodo, bastante cómodo e incómodo. Una vez identificado estos niveles se debe elegir un nivel de referencia.

Una vez identificados los niveles se procede a asignar a cada variable con excepción del nivel de referencia. Estas variables están atribuidas con valores binarios, es decir que pueden adoptar los valores de 0 y 1, como se indica en la siguiente tabla

z_c =cómodo

z_{bc} = bastante cómodo

z_{nc} =incómodo

	z_c	z_{bc}	z_{nc}
Muy cómodo	0	0	0
Cómodo	1	0	0
Bastante cómodo	0	1	0
Incomodo	0	0	1

Tabla 1. Variables cualitativas

En caso de que la variable cualitativa tenga k niveles, se deberá agregar $k - 1$ variables binarias en el modelo (z_c, z_{bc}, z_{nc}).

Una vez definidas estas variables binarias se las puede incluir en la función de utilidad de la misma manera como se lo realizó en las variables cuantitativas de tal modo que:

$$V_{ni} = \beta_c z_c + \beta_{bc} z_{bc} + \beta_{nc} z_{nc} \quad [25]$$

La elección del nivel base es arbitraria.

Algunos ejemplos de características cualitativas puede ser el género, el nivel académico y el estado ocupacional. (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020)

1.2.11 Modelo de elección binario

La característica principal de este modelo es que solo se tiene dos alternativas i, j donde i podría ser la alternativa de usar bicicleta como medio de transporte en el sector financiero de Quito y j la alternativa de tomar el transporte público.

Dos alternativas: $C_n = \{i, j\}$

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \quad [26]$$

$$U_{jn} = V_{jn} + \epsilon_{jn} \quad [27]$$

Modelo de elección

$$P_n(i|\{i, j\}) = \Pr(U_{in} \geq U_{jn}) \quad [28]$$

$$= \Pr(V_{in} + \epsilon_{in} \geq V_{jn} + \epsilon_{jn}) \quad [29]$$

$$= \Pr(V_{in} - V_{jn} \geq \epsilon_{jn} - \epsilon_{in}) \quad [30]$$

$$= \Pr(\epsilon_n \leq V_{in} - V_{jn}) \quad [31]$$

Donde $\epsilon_n = \epsilon_{jn} - \epsilon_{in}$

V_{in} y V_{jn} = es la parte determinista, representa todo lo que el analista puede observar.

ϵ_{jn} y ϵ_{in} = es todo lo que el analista no puede observar incluido el error de medición o por especificación.

El modelo de elección es entonces la probabilidad $P_n(i)$ de que el individuo n vaya a seleccionar la alternativa i . Y es la probabilidad de que esta alternativa i cree una utilidad mayor que j . Sustituyendo la expresión de utilidad anterior en esta expresión, se tiene lo siguiente:

$$P_n(i|\{i,j\}) = \Pr(\varepsilon_n \leq V_{in} - V_{jn}) = F_\varepsilon(V_{in} - V_{jn}) \quad [32]$$

$$P_n(i|\{i,j\}) = \frac{1}{1 + e^{(V_{in}-V_{jn})}} \quad [33]$$

Donde la probabilidad de que un individuo seleccione la alternativa i es igual a la probabilidad de que ε_n sea menor o igual que V_{in} menos V_{jn} (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020). El siguiente ejemplo pretende explicar este modelo.

Considere un caso en el que se tiene dos opciones de transporte en la ciudad de Quito: Bus y Taxi; cada opción viene asociada con una utilidad y se va a suponer que estas van a estar definidas por el costo de viaje (CV), tiempo de viaje (TV), el género, la edad, ingresos que percibe mensualmente el decisor, la influencia de tomar un medio de transporte debido a la presencia de la pandemia por COVID 19.

El modelador mide la parte observada de la utilidad, V_{jn} , que vendría a ser el costo de viaje y el tiempo de viaje, debido a que los otros factores como el género, la edad, los ingresos que percibe y la influencia de tomar un medio de transporte debido presencia de la pandemia por COVID 19 son factores que el investigador no puede observar.

La utilidad de la parte observada de cada medio de transporte estaría dada como:

$$U_{bus} = \beta_1 * Costo_{bus} + \beta_2 * Tiempo_{bus} + \varepsilon_{bus} \quad [34]$$

y

$$U_{taxi} = \beta_1 * Costo_{taxi} + \beta_2 * Tiempo_{taxi} + \varepsilon_{taxi} \quad [35]$$

Dado que un mayor costo de viaje en un medio de transporte implica un mayor gasto del capital percibido mensualmente, se espera que la utilidad disminuya a medida que el costo de usar un medio de transporte aumente. De igual manera ocurriría con el tiempo de viaje ya que a mayor tiempo de viaje para una misma distancia recorrida implicaría que el decisor opte por el medio de transporte más rápido, por lo cual se espera que la utilidad disminuya conforme el tiempo de viaje incremente; de tal forma que $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 < 0$.

En cuanto a las variables de la parte no observada de cada alternativa, ε_{bus} y ε_{taxi} , son cambiantes, ya que dependen de los ingresos mensuales que percibe el decisor, la influencia que tiene la pandemia por COVID-19 y de la percepción de cada individuo de acuerdo a su género y edad. Entonces, la probabilidad de que un individuo escoja la alternativa de transporte bus es:

$$P_{bus} = \frac{e^{\beta_1 Costo_{bus} + \beta_2 * Tiempo_{bus}}}{e^{\beta_1 Costo_{bus} + \beta_2 * Tiempo_{bus}} + e^{\beta_1 * Costo_{taxi} + \beta_2 * Tiempo_{taxi}}} \quad [36]$$

Mientras que la probabilidad de que un individuo escoja el medio de transporte taxi es:

$$P_{taxi} = \frac{e^{\beta_1 * Costo_{taxi} + \beta_2 * Tiempo_{taxi}}}{e^{\beta_1 Costo_{bus} + \beta_2 * Tiempo_{bus}} + e^{\beta_1 * Costo_{taxi} + \beta_2 * Tiempo_{taxi}}} \quad [37]$$

La probabilidad de elección de un medio de transporte disminuye cuando aumenta el costo y el tiempo de viaje, de tal forma que se espera que los valores de β_1 y β_2 sean negativos al momento de ejecutar el modelo en BIOGEME. Sin embargo, para un modelo de más de 2 alternativas como lo es el logit multinomial se realiza una extensión simple.

1.2.12 Modelo Logit Multinomial

Es uno de los modelos más utilizados. Supone que ε_{ni} tiene una distribución de tipo valor extremo, independiente e idénticamente distribuida para todo i . Se asume que los atributos no observados por el modelador no están correlacionados entre alternativas y se concuerda que todas las alternativas tienen la misma varianza. Este modelo se diferencia del Logit binario en que no solo considera dos opciones si no que toma más y como se especificó anteriormente se obtiene la siguiente expresión:

$$P_n(i|\{i, j, k\}) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{e^{\mu V_{in}} + e^{\mu V_{jn}} + e^{\mu V_{kn}}} \quad [38]$$

Tomando en cuenta el ejemplo utilizado el modelo logit binario, se incluirá un medio de transporte adicional, el cual será la bicicleta. Para lo cual la función de utilidad de este medio de transporte está dada por:

$$U_{bicicleta} = \beta_1 * Costo_{bicicleta} + \beta_2 * Tiempo_{bicicleta} + \varepsilon_{bicicleta}. \quad [39]$$

Dada esta opción adicional, la probabilidad de que se escoja el medio de transporte bicicleta es la siguiente:

$$P_{bicicleta} = \frac{e^{\beta_1 * Costo_{bicicleta} + \beta_2 * Tiempo_{bicicleta}}}{e^{\beta_1 * Costo_{bus} + \beta_2 * Tiempo_{bus}} + e^{\beta_1 * Costo_{taxi} + \beta_2 * Tiempo_{taxi}} + e^{\beta_1 * Costo_{bicicleta} + \beta_2 * Tiempo_{bicicleta}}} \quad [40]$$

1.2.13 Uso del software BIOGEME

1.2.13.1 El software BIOGEME

BIOGEME es un software que está diseñado para calcular los parámetros de modelos de elección discreta haciendo uso de la estimación de máxima verosimilitud. PandasBiogeme es un paquete que permite la gestión de los datos.

1.2.13.2 Ingreso de datos

BIOGEME da por entendido que existe una base de datos generada en Pandas, la cual aceptará datos numéricos, donde cada columna será una variable, cada fila es una observación y cada espacio o tabulación son delimitadores (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

1.2.13.3 Python

PandasBiogeme es un paquete de lenguaje de programación Python. Por lo tanto, realizar un modelo equivale a realizar un script en Python. Hay que recalcar que BIOGEME solo funciona a partir de la versión 3 de Python y este se lo puede conseguir tanto en Linux, MacOSX y Windows; mientras que PandasBiogeme es una plataforma independiente. La sintaxis de Python distingue entre mayúsculas y minúsculas (Bierlaire M. , Introduction to behavior modeling, 2020).

1.2.13.4 Especificaciones del modelo en PandasBiogeme

El modelo de especificación es un archivo con extensión .py que provee a PandasBiogeme la función logarítmica de máxima verosimilitud para maximizar la utilidad. En síntesis, este archivo tiene una sintaxis basada en el lenguaje de programación Python y ampliada para las necesidades específicas de BIOGEME, en este archivo se puede introducir comentarios, para explicar la especificación realizada. Si se desea introducir comentarios de una sola línea se puede incluir utilizando el carácter “#”, lo cual hará que todos los caracteres descritos después de este comando sean ignorados.

CAPITULO II

2.1 METODOLOGÍA

Se va a realizar encuestas de preferencias reveladas y declaradas en el sector financiero de Quito, para estimar que medio de transporte escogerían los usuarios, tomando en cuenta que se encuentran bajo una situación de pandemia provocada por enfermedades infectocontagiosas como la COVID-19.

Se calibrará los resultados de las encuestas de tal forma que estos sean compatibles con el software BIOGEME. Con las variables calibradas se programará el modelo analizado para la obtención probabilística referente a la aceptación de la bicicleta por parte de la muestra.

Finalmente se interpretará los resultados al ejecutar el programa y se podrá aclarar cuál es el porcentaje de aceptación de la bicicleta en el contexto antes mencionado.

2.1.1 Cálculo de la muestra

La muestra para ser confiable debe ser representativa, y además ofrecer la ventaja de ser práctica, económica y eficiente en su aplicación. Es por consiguiente indispensable definir los elementos para calcular el tamaño de la muestra, utilizando la fórmula de Kotler y Armstrong.

$$n = \frac{N * z^2 * \sigma^2}{e^2 * (N - 1) + z^2 * \sigma^2} \quad [41]$$

Donde:

n= es el tamaño de la muestra (número de encuestas).

N= es el tamaño de la población dentro del área de influencia.

Z= (2,33 valor predeterminado que se ve en la tabla para niveles de confianza).

σ = margen de error correspondiente al 5 %.

NIVEL DE CONFIANZA	CALIFICACIÓN Z
0.9	1,645
0,95	1,96
0,98	2,33
0,99	2,575

Tabla 2. Valores de Z para diferentes niveles de confianza

Considerando la información del estudio “Actualización del modelo de demanda del Distrito Metropolitano de Quito (MD17). Obtenemos la población de estudio en el sector financiero de Quito, considerando la población de la parroquia Ñaquito y Mariscal (Quito, 2018).

Tabla n° 3. Proyección de la población en el DMQ por parroquia

Parroquia	Parroquia Denominación	Pob2017	Pob2020	Pob2025	Pob2030	Pob2035	Pob2040
0101	Guamani	89.486	102.492	118.628	137.318	150.028	163.919
0102	Turubamba	76.150	86.748	99.813	114.849	125.014	136.081
0103	La Ecuatoriana	76.999	85.152	94.940	105.907	113.167	120.947
0104	Quitumbe	114.412	133.652	158.023	186.867	206.821	228.917
0105	Chillogallo	67.701	72.911	78.972	85.545	89.776	94.219
0201	La Mena	48.387	50.449	52.764	55.186	56.696	58.247
0202	Solanda	78.564	78.977	79.438	79.928	80.230	80.544
0203	La Argelia	64.491	67.611	71.130	74.836	77.155	79.547
0204	San Bartolo	65.665	66.467	67.335	68.215	68.741	69.270
0205	La Ferroviaria	63.791	63.681	63.330	63.005	62.515	62.043
0206	Chilibulo	49.643	50.013	50.394	50.780	50.995	51.213
0207	La Magdalena	28.610	27.903	26.559	25.287	23.883	22.565
0208	Chimbacalle	37.080	35.731	33.204	30.860	28.332	26.015
0209	Lloa	1.555	1.572	1.598	1.623	1.642	1.662
0301	Puengasí	71.799	76.099	81.014	86.249	89.569	93.015
0302	La Libertad	27.458	26.998	26.113	25.275	24.445	23.661
0303	Centro Histórico	33.708	31.264	26.954	23.264	19.615	16.566
0304	Itchimbia	28.415	27.480	25.630	23.983	22.146	20.523
0305	San Juan	48.460	46.267	42.221	38.541	34.652	31.169
0401	Belisario Quevedo	44.139	43.640	42.673	41.730	40.659	39.619
0402	Mariscal Sucre	10.617	9.758	8.260	6.998	5.769	4.764
0403	Ñaquito	44.309	44.367	44.426	44.485	44.516	44.547
0404	Rumipamba	31.252	31.183	31.056	30.966	30.881	30.839
0405	Jipijapa	34.382	34.499	34.676	34.896	35.109	35.381
0406	Cochapamba	65.923	69.685	73.952	78.500	81.353	84.324
0407	Concepción	27.692	26.414	24.094	22.114	20.105	18.468
0408	Kennedy	69.516	69.371	69.032	68.760	68.414	68.147

Ilustración 2. Crecimientos poblacionales DMQ 2016-2040

N	54125
Z	2.33
σ	0.5
$e = 0.05 * 54125$	2706.25

$$n = \frac{N * z^2 * \sigma^2}{e^2 * (N - 1) + z^2 * \sigma^2}$$

$$n = \frac{54125 * 2.33^2 * 0.5^2}{0.05^2 * (54125 - 1) + 2.33^2 * 0.5^2}$$

$$n = 537.51 \cong 538$$

se realizó un total de 557 encuestas.

2.2 DISEÑO DE LA ENCUESTA

2.2.1 Tipos de encuestas aplicables al modelo Logit Multinomial

Existen dos tipos de encuestas que se pueden considerar para obtener la información requerida, por un lado tenemos las encuesta de preferencias reveladas las cuales consisten en obtener información real, existente y demostrable del caso a ser estudiado, este tipo de encuestas tienen como objetivo obtener información real de la población encuestada como su edad, sexo, situación socioeconómica, entre otras, también se pueden aplicar cuando se realizan estudios como el tiempo que se demora un vehículo en llegar de un punto A hacia un punto B o el número de pasajeros promedio que van en un medio de transporte, en síntesis la información obtenida en este tipo de encuestas es real y existente.

Por otro lado, tenemos las encuestas de preferencias declaradas, las cuales nos permiten obtener información acerca de escenarios hipotéticos suponiendo que se aplique una o más variables no existentes en el tiempo presente pero que se desea incorporar a futuro. Por tal motivo para la aplicación de este tipo de encuestas se tiene que elaborar, de manera técnica y coherente, diversos escenarios de elección, como por ejemplo, si se desea conocer si un nuevo medio de transporte va a tener aceptación por parte de la población, se crea un escenario hipotético en donde se puede considerar variables como el costo, tiempo de viaje, tiempo de espera, entre otras, dependiendo el caso que se desee aplicar, a este medio de transporte que se desea implementar se lo puede comparar con otros medios de transporte existentes con las mismas variables analizadas para conocer si a futuro el nuevo medio de transporte será o no aceptado por la población. Este tipo de encuestas no solo se pueden aplicar para el estudio de demanda de transporte, se lo puede hacer también con productos tecnológicos, sistemas educativos o cualquier otro escenario hipotético que se desee implementar a futuro.

En un estudio como la demanda de un transporte, usualmente se suelen aplicar ambos tipos de encuestas para obtener información real y existente como la información personal del encuestado (preferencias reveladas) y también se desea conocer la aceptación del medio de transporte a implementar a futuro (preferencias declaradas). La aplicación de dichas encuestas depende de las variables consideradas en el modelo de estudio, que en este caso es un modelo Logit multinomial.

2.2.1.1 Encuestas de preferencias reveladas

El objetivo del presente estudio es determinar la aceptación de la bicicleta como medio de transporte alternativo en el sector financiero de Quito, en un escenario de pandemia, por parte de la población que hace uso de un medio de transporte para movilizarse en dicho sector, los transportes a ser estudiados son el taxi y el transporte público existente en el sector estudiado

(Bus). Sin embargo, para esta parte de la encuesta lo que se desea obtener es información real y existente de las personas encuestadas considerando las siguientes variables que serán analizadas en el modelo:

- Edad: considera la edad del encuestado.
- Sexo: considera el sexo del encuestado y dependiendo de la respuesta se la clasifica en dos rangos.

SEXO	CLASIFICACIÓN
FEMENINO	0
MASCULINO	1

Tabla 3. Variable sexo

Esta variable es importante ya que permite conocer el medio de transporte de preferencia de cada grupo.

- Economía: esta variable considera los ingresos mensuales percibidos por el encuestado y cuenta con cuatro rangos.

RANGO DE INGRESOS (\$)	CLASIFICACIÓN
0-400	1
401-800	2
801-1200	3
Más de 1200	4

Tabla 4: Variable ingresos

La variable economía permite conocer el medio de transporte de preferencia de cada grupo.

- Nombre: esta variable no influye en el modelo analizado, sin embargo, es importante conocer dicha información como constancia de que se realizó la encuesta a la persona.

2.2.1.2 Encuesta de preferencias declaradas

El objetivo de esta parte de la encuesta es determinar el medio de transporte de preferencia (bus, taxi y bicicleta) considerando nueve escenarios hipotéticos. Para determinar el número de escenarios de elección que se presentan al encuestado se debe determinar el número de variables y los niveles que presenta cada una de ellas de acuerdo a lo que plantea Kocur en 1986, teniendo en mente que se desea determinar a la bicicleta como medio de transporte alternativo bajo condiciones de pandemia (COVID-19) en donde el distanciamiento social es un factor importante para prevenir la enfermedad (Kocur, 1982).

2.2.2 Diseño de encuestas de preferencias declaradas.

La realización de una encuesta de preferencias declaradas, no es tan sencillo como colocar las variables a ser analizadas aleatoriamente, debido a que de realizarlo se daría un experimento desorganizado y los resultados tendrían errores considerables de sesgo entre sus variables.

Al existir n variables y niveles, se pueden generar varias combinaciones entre las mismas obteniéndose un modelo factorial, el cual determina todas las posibles combinaciones a ser analizadas; a estas combinaciones las llamaremos escenarios.

Dado el caso de un estudio en el que se tenga dos variables con tres niveles y una variable con dos niveles se generan un total de 18 escenarios a ser estudiados. Sin embargo, a la población muestral no se le puede presentar la totalidad de escenarios posibles, debido a que se requeriría de un gran esfuerzo y tiempo por parte de los encuestados y en su gran mayoría no están dispuestos a realizar la encuesta.

Existen varias metodologías que permiten realizar las encuestas de preferencias declaradas que evitan incurrir en errores de sesgo, correlación entre variables y un excesivo número de escenarios

a ser estudiados. En el presente estudio se optó por seguir el diseño experimental de Kocur, el cual realizó varios estudios de diseño de encuestas de preferencias declaradas enfocadas al análisis de demanda de transporte.

Estos diseños se basan en la teoría del diseño experimental para modelos de regresión lineal, un propósito importante de un diseño experimental es que los datos permitan estimar parámetros β con el mínimo error estándar posible, una de las características deseadas dentro de la clase de diseños para experimentos lineales es la ortogonalidad, permitiendo que exista una ausencia de correlación entre los atributos del modelo, de tal manera que todos los parámetros sean estimables de forma independiente.

2.2.2.1 Variables consideradas en el modelo

- Tiempo de viaje: considera el tiempo de viaje más el tiempo de espera aproximado para cada medio de transporte a elegirse. Esta variable cuenta con tres niveles por cada transporte como se muestra a continuación:

Bus		
Variable	Descripción	Nivel
Tiempo total (min)	29	0
	33	1
	36	2

Taxi		
Variable	Descripción	Nivel
Tiempo de Viaje (min)	12	0
	16	1
	20	2

Bicicleta		
Variable	Descripción	Nivel

Tiempo de Viaje (min)	15	0
	20	1
	25	2

Tabla 5: Variable tiempo

- Costo: el costo del viaje aproximado para movilizarse del origen al destino. En el caso del bus se plantean tres posibles costos los cuales son: 0.35\$, 0.45\$ y 0.55\$. En el caso del taxi también se plantean tres posibles costos para un mismo viaje en función de las opciones existentes: taxi convencional (3\$), Uber (2.5 \$), InDrive (2\$). En el caso de la bicicleta no se consideran costos. Esta variable cuenta con tres niveles por cada transporte como se muestra a continuación:

BUS		
Variable	Descripción	Nivel
Costo (\$)	0.35	0
	0.45	1
	0.55	2

TAXI		
Variable	Descripción	Nivel
Costo (\$)	2	0
	2.5	1
	3	2

Tabla 6: Variable costo de viaje

- Pandemia: esta variable determina si a la persona encuestada le parece relevante o no la influencia de la pandemia (COVID-19) al momento de elegir un transporte. Cuenta con dos niveles si (1) y no (0). Esta variable se la planteo debido a que para algunas personas es preferible tomar transportes como el taxi que evitan el aglomeramiento, reduciendo así la probabilidad de contagio, sin embargo, tienen un mayor costo. En el caso de la bicicleta existe menor probabilidad de contagio y su costo es prácticamente nulo, pero requiere de esfuerzo físico.

Variable	Descripción	Nivel
Influencia pandemia	Si	1
	No	0

Tabla 7: Influencia de la pandemia al uso de transporte

- **Ciclovía:** esta variable permite conocer si el encuestado elige la bicicleta como medio de transporte en el caso de que exista una ciclovía debidamente construida en el sector financiero de Quito, cuenta con dos niveles; si (1) y no (0).

Variable	Descripción	Nivel
Ciclovía	Si	1
	No	0

Tabla 8: Existencia de una ciclovía en la ruta de estudio

2.2.2.2 Determinación del número de casos de elección

Al momento de diseñar los distintos escenarios de elección se debe procurar el cumplimiento de exigencias de ortogonalidad, balance de niveles entre las variables para evitar el sesgo que se puede generar entre las preguntas y garantizar una adecuada mezcla. Para conseguir dicha ortogonalidad se debe generar una matriz de diseño ortogonal. En el presente estudio se obtuvo dicha matriz, siguiendo el diseño experimental de Kocur.

Realizar una encuesta de preferencias declaradas no es tan sencillo como plantear un número de casos hipotéticos a criterio personal y preguntar a la población muestral. Se tiene que respetar un procedimiento, ya que este tipo de encuestas es semejante a realizar un experimento en donde se debe respetar un orden y condiciones para que los resultados de dicho experimento se representen con la mayor precisión posible a lo que ocurre en la realidad. Si al momento de realizar el experimento no se respeta un orden con los respectivos procedimientos, los resultados obtenidos serán erróneos.

Lo mismo ocurre con el diseño de los diferentes escenarios hipotéticos en la encuesta de preferencia declarada en donde se debe respetar un orden en función de las variables analizadas y los niveles que tienen cada una de estas. Por tal motivo a continuación se dará a conocer el procedimiento aplicado para el diseño de los escenarios de la encuesta de preferencia declarada:

- a) Se debe determinar el número de variables a ser analizadas y los niveles que tiene cada una de ellas como se muestra a continuación:

BUS		
Variable	Descripción	Nivel
Tiempo total (min)	29	0
	33	1
	36	2
BUS		
Costo (\$)	0.35	0
	0.45	1
	0.55	2
BUS		
Influencia pandemia	si	0
	no	1

TAXI		
Variable	Descripción	Nivel
Tiempo de Viaje (min)	12	0
	16	1
	20	2
TAXI		
Costo (\$)	2	0
	2.5	1
	3	2

Influencia pandemia	Si	1
	No	0

BICICLETA		
Variable	Descripción	Nivel
Tiempo de Viaje (min)	15	0
	20	1
	25	2

Influencia pandemia	si	1
	no	0

Ciclovía	si	1
	no	0

Tabla 9: Variables y niveles que intervienen en el estudio

Resumen:

Diseño Experimental de Kocur	
Número de variables	4

Variables	Niveles
Tiempo total	3
Costo	3
Influencia-pandemia	2
Existencia- Ciclovía	2

Tabla 10: Referencia estudio experimental de Kocur

Se analizan cuatro variables y cada una de ellas consta con sus respectivos niveles como se puede ver en la tabla número 9.

- b) Conocido el número y los niveles de cada una de estas variables se determina el tipo de experimento que plantea Kocur en sus tablas “índice de planes experimentales”.

En el presente estudio al contar con dos variables de tres niveles (tiempo total y costo) y dos variables con dos niveles (pandemia y ciclovía), el plan experimental propuesto por Kocur es el “44a”.

- c) Una vez identificado el plan experimental se procede a extraer la información correspondiente a dicho caso.

Plan Maestro de Kocur según variables y niveles	
Código del plan experimental	44a
Total, de variables	4
Variables con dos niveles	2
Variables con tres niveles	2
Cantidad de escenarios PD	9
Plan Maestro de Kocur	3
Columnas a usar (Kocur)	1,2,7,8

Tabla 11. Plan maestro de Kocur

El plan maestro planteado por Kocur determina las diferentes combinaciones que se pueden generar entre las variables analizadas como se muestra a continuación:

```

MASTER
PLAN 3:      9 trials

1234 5678

0000 0000
0112 0110
0221 0001
1011 1011
1120 1110
1202 1000
2022 0000
2101 0101
2210 0010

```

Ilustración 3. Master Plan 3. Fuente: (Kocur, 1982)

Sin embargo, por nociones prácticas, a una persona no se le puede pedir realizar todos los escenarios existentes que puedan resultar de combinar las variables, debido a que el número de escenarios que deberían analizar las personas sería demasiado extenso, por lo cual dependiendo del Master Plan y el modelo experimental, Kocur determina las

columnas que se deben tomar en cuenta para formar la matriz de ortogonalidad, la cual evita que exista un sesgo y errores en las diferentes combinaciones planteadas. También dependiendo del plan experimental se determina el número de preguntas o casos de preferencias declaradas. Para el plan experimental “44 a” se establece que se deben realizar 9 escenarios hipotéticos.

- d) En función de las columnas a utilizar (1,2,7,8) para el plan experimental 44a, se determina la matriz ortogonal de efectos principales la cual tiene una codificación binaria en función del plan maestro seleccionado (3).

Esenario	MATRIZ ORTOGONAL								
	BUS			TAXI			BICICLETA		
	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Influencia Pandemia	Ciclovía
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	1	1	0	1	0
3	0	2	0	0	2	0	0	0	1
4	1	0	1	1	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	2	0	1	2	0	1	0	0
7	2	0	0	2	0	0	2	0	0
8	2	1	0	2	1	0	2	0	1
9	2	2	1	2	2	1	2	1	0

Ilustración 4: Matriz de ortogonalidad

De donde:

La columna 1 del plan maestro N°3 de Kocur, corresponde a la variable Tiempo, la columna 2 corresponde a la variable costo y solo se considera para los transportes bus y taxi. La columna 7 corresponde a la variable pandemia y la columna 8 corresponde a la variable ciclovía la cual solo se aplica en el transporte bicicleta.

Como se puede observar a cada variable le corresponde una columna del plan maestro y estas se aplican en función de la tabla número 9 en donde se ordenó las variables y los niveles correspondientes a cada una de ellas, se debe colocar primero las variables que

tengan un mayor número de niveles para que se respete el orden requerido en el diseño experimental planteado por Kocur.

- e) Se construye los 9 casos correspondientes al presente estudio siguiendo el orden de cada fila correspondiente a cada escenario. Para entender de mejor manera este punto se propone enumerar las variables que intervienen en cada medio de transporte como se muestra a continuación pertenecientes a la columna (i).

BUS			i
Variable	Descripción	Nivel	
Tiempo total (min)	29	0	1
	33	1	
	36	2	
BUS			
Costo (\$)	0.35	0	2
	0.45	1	
	0.55	2	
BUS			
Influencia pandemia	si	0	3
	no	1	

TAXI			i
Variable	Descripción	Nivel	
Tiempo de Viaje (min)	12	0	4
	16	1	
	20	2	
TAXI			
Costo (\$)	2	0	5
	2.5	1	
	3	2	
TAXI			
Influencia pandemia	si	0	6
	no	1	

BICICLETA			i
Variable	Descripción	Nivel	
Tiempo de Viaje (min)	15	0	7
	20	1	
	25	2	
Influencia pandemia	si	0	8
	no	1	
ciclovía	si	0	9
	no	1	

Tabla 12: Columna i

También se propone numerar las columnas de la matriz de ortogonalidad como se puede observar en la fila (j).

Esenario	MATRIZ ORTOGONAL								
	BUS			TAXI			BICICLETA		
	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Influencia Pandemia	Ciclovía
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0	1	1	0	1	0
3	0	2	0	0	2	0	0	0	1
4	1	0	1	1	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0
6	1	2	0	1	2	0	1	0	0
7	2	0	0	2	0	0	2	0	0
8	2	1	0	2	1	0	2	0	1
9	2	2	1	2	2	1	2	1	0
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ilustración 5: Fila j

De esta forma es más sencillo armar los 9 casos. Considerando que los números (0,1,2) corresponden a los niveles de cada variable, se procede a armar los casos emparejando los numero de la columna (i) con la fila (j).

Ejemplo 1: Escenario 1

MATRIZ ORTOGONAL									
	BUS			TAXI			BICICLETA		
Esenario	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de viaje	Influencia Pandemia	Ciclovía
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ilustración 6: Datos ortogonales, escenario 1

ESCENARIO 1	Bus (i x j)	Taxi (i x j)	Bicicleta (i x j)
Tiempo de viaje	1x1	4x4	7x7
Costo	2x2	5x5	-
Influencia pandemia	3x3	6x6	8x8
Existencia- Ciclovía	-	-	9x9

Tabla 13: Ordenamiento ixj

Donde 1x1 se refiere a que se analiza la variable 1 correspondiente al tiempo del medio de transporte bus y el nivel a seleccionarse en dicha variable es 0 correspondiente a 29 min, de acuerdo con la fila j.

ESCENARIO 1	Bus	Taxi	Bicicleta
Tiempo de viaje	0	0	0
Costo	0	0	-
Influencia pandemia	0	0	0
Existencia- ciclovía	-	-	0

Tabla 14: Ordenamiento ixj (matriz ortogonal)

Como se puede observar en la matriz ortogonal, para el primer escenario de selección nos dice que en todas las combinaciones de $i \times j$, se seleccione la información correspondiente al nivel 0 de la tabla 12 como se muestra a continuación:

ESCENARIO 1	Bus	Taxi	Bicicleta
Tiempo de viaje	29	12	15
Costo	0.35	2	-
Influencia pandemia	si	si	si
Existencia- Ciclovía	-	-	si

Se repite el mismo procedimiento para los ocho casos restantes en donde se aplica siempre la misma combinación, pero varía la información de acuerdo con el nivel proporcionado en la matriz ortogonal.

Ejemplo 2: Escenario 2

MATRIZ ORTOGONAL									
	BUS			TAXI			BICICLETA		
Escenario	Tiempo de Viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de Viaje	Costo	Influencia Pandemia	Tiempo de Viaje	Influencia Pandemia	Ciclovía
2	0	1	1	0	1	1	0	1	0
j	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ilustración 7: Ordenamiento j Escenario 1

ESCENARIO 2	Bus (i x j)	Taxi (i x j)	Bicicleta (i x j)
Tiempo de viaje	1x1	4x4	7x7
Costo	2x2	5x5	-
Influencia pandemia	3x3	6x6	8x8
Existencia- ciclovía	-	-	9x9

Tabla 15: Ordenamiento ixj para el escenario 2

ESCENARIO 2	Bus	Taxi	Bicicleta
Tiempo de viaje	0	0	0
Costo	1	1	-
Influencia pandemia	1	1	1
Existencia- ciclovía	-	-	0

Tabla 16: Ordenamiento Matriz ortogonal para el escenario 2

Finalmente, de la tabla 12 se coloca la información del nivel correspondiente a cada variable (0,1,2).

ESCENARIO 2	Bus	Taxi	Bicicleta
Tiempo de viaje	29	12	15
Costo	0.45	2.5	-
Influencia pandemia	no	no	no
Existencia- Ciclovía	-	-	si

Tabla 17: Escenario 2

- f) Se realiza el mismo procedimiento para los siete casos restantes.
- g) Se realiza la calibración de la encuesta piloto. Para la calibración se encuesta a una población de 60 personas con la finalidad de que la encuesta sea comprensible y proporcione resultados coherentes.
- h) Se realiza los cambios necesarios en la encuesta piloto, de acuerdo con los resultados de la calibración.
- i) A continuación, se presentan los 9 escenarios en el orden que se presentara en la encuesta de preferencias declarada:








ESCENARIO 1	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 8 Escenario 1








ESCENARIO 2	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 9 Escenario 2








ESCENARIO 3	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Ilustración 10 Escenario 3








ESCENARIO 4	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Ilustración 11 Escenario 4








ESCENARIO 5	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 12 Escenario 5








ESCENARIO 6	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 13 Escenario 6








ESCENARIO 7	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 14 Escenario 7








ESCENARIO 8	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Ilustración 15 Escenario 8








ESCENARIO 9	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Ilustración 16 Escenario 9

j) Con la información obtenida de la encuesta se procede a crear la base de datos.

2.3 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Para el diseño de la base de datos, se tuvo que elaborar una macro en Excel, que permita ordenar la información que se obtuvo en las encuestas, de tal manera que el programa BIOGEME pueda procesarlo correctamente.

La base de datos es en donde se almacena toda la información que se obtiene después de realizar las encuestas de preferencias reveladas y declaradas. Para que la versión de BIOGEME 3.2.6 pueda cargar la información que contiene la base de datos, se requiere cargarla como un archivo con extensión .csv o .dat, por tal motivo si se desea utilizar dicha versión de BIOGEME es aconsejable programar la base de datos en cualquier programa que pueda almacenar los datos en dicho formato. Para el presente estudio, se la realizó utilizando macros de Excel.

El ordenamiento de dicha información se tiene que realizar de la siguiente manera:

- a) Se analiza la información obtenida en las encuestas físicas.
- b) En la macro se ingresa la información de la encuesta de cada persona.

ID	28
EDAD	45
SEXO	Masculino
ESCENARIO	9
TRANSPORTE	BICICLETA
ECONOMIA	801-1200
NOMBRE	PATRICIO GUAMAN

GRABAR

LIMPIAR

BORRAR

Ilustración 17. Ingreso de datos en la macro de Excel

Donde:

ID = Es el número de encuesta realizada.

EDAD = Es la edad de la persona encuestada.

SEXO = Es el sexo del encuestado.

ESCENARIO = Es el caso planteado con el diseño experimental de Kocur. Son 9 casos o escenarios.

TRANSPORTE = Medio de transporte elegido para cada caso.

ECONOMÍA = Rango de ingreso percibido mensualmente.

NOMBRE = Nombre de la persona encuestada.

Es importante aclarar que por cada persona encuestada se debe ingresar los nueve casos y el transporte seleccionado en cada caso para que la información quede almacenada en la base de datos como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	ID	EDAD	SEXO	ECONOMIA	CASO	bus_tv	bus_cos	bus_pande	taxi_tv	taxi_cos	taxi_pande	bicli_tv	bicli_pande	ciclovia	CHOICE	SP	v_bus	v_taxi	v_bicli	nombre	
2	28	45	1	3	9	36	0.55	0	20	3	0	25	0	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
3	28	45	1	3	8	36	0.45	1	20	2.5	1	25	1	0	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
4	28	45	1	3	7	36	0.35	1	20	2	1	25	1	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
5	28	45	1	3	6	33	0.55	1	16	3	1	20	1	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
6	28	45	1	3	5	33	0.45	0	16	2.5	0	20	0	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
7	28	45	1	3	4	33	0.35	0	16	2	0	20	0	3	1	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
8	28	45	1	3	3	29	0.55	1	12	3	1	15	1	0	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
9	28	45	1	3	2	29	0.45	0	12	2.5	0	15	0	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM
10	28	45	1	3	1	29	0.35	1	12	2	1	15	1	1	3	1	1	1	1	1	RICIO GUAM

Ilustración 18. Base de datos

En la base de datos la información de la encuesta debe ser codificada en números como se muestra en la tabla 18:

Variable	Descripción	Código numérico
Sexo	Masculino	1
	Femenino	0
Transporte	BUS	1
	TAXI	2
	BICICLETA	3
Económica	0-400	1
	401-800	2
	801-1200	3
	> 1200	4
Decisión	si	1
	no	0

Tabla 18. Codificación numérica de las variables

- c) Una vez cargada la información se guarda la base de datos como un archivo de extensión .csv o .dat para que pueda ser reconocida por el programa.
- d) Se carga la información de la base de datos en PandasBiogeme.

2.4 ESTIMACIÓN DE MODELOS EN BIOGEME 3.2.6

La versión de BIOGEME 3.2.6 es la más actual que existe para el año 2021, también se la conoce como PandasBiogeme, la sintaxis para programar en esta versión más reciente es similar a versiones anteriores. A continuación, se detalla un ejemplo de programación en PandasBiogeme aplicado al caso MNL1 en donde se consideran las variables de costo y tiempo.

2.4.1 Procedimientos iniciales

- a) Se importan los paquetes de Python
 - Primero se importa pandas la cual es la biblioteca que administrará la información cargada en la base de datos.
 - Posteriormente se importan los siguientes módulos: la base de datos, BIOGEME, los modelos y la versión. También se debe extraer la función denominada beta que se empleará en BIOGEME.

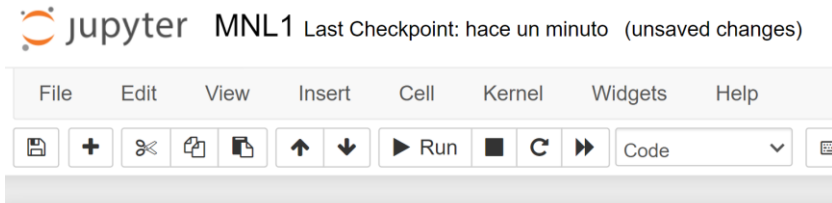


Ilustración 19. Importación de librerías de BIOGEME

- b) Para evitar problemas de sintaxis en el código verificamos la versión de BIOGEME con el código (`ver.getVersion()`) como se muestra a continuación. Ya que de emplearse otra versión puede existir pequeñas variaciones.

```
In [2]: 1 ver.getVersion()
Out[2]: '3.2.6'
```

Ilustración 20. Código para ver la versión de BIOGEME

2.4.2 Importación de la base de datos y preparación de datos

- a) Cargamos la base de datos que BIOGEME va a analizar. Para cargar y visualizar la base de datos empleamos el siguiente código:

```
In [3]: 1 df=pd.read_csv('BDBIOGEME.dat', '\t')
```

Ilustración 21. Línea de código para importar la base de datos

Para que esta versión de BIOGEME pueda leer la base de datos es necesario que el archivo este en formato (.csv o .dat).

Para obtener el archivo con extensión .csv es necesario tener la base de datos en Excel y guardar la hoja en formato csv, delimitado por comas, como se muestra en la ilustración 22.

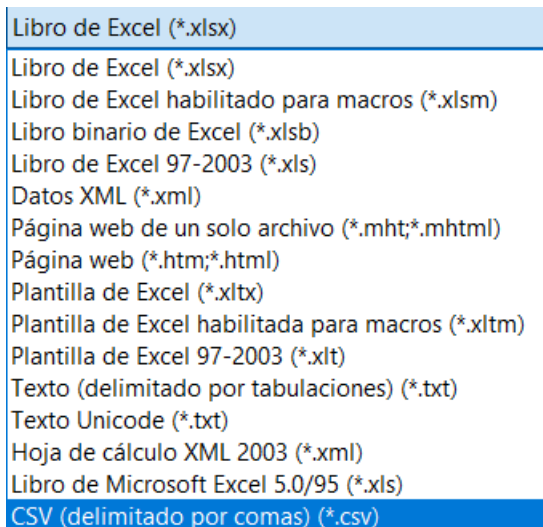


Ilustración 22. Ventana de guardar como de Excel para archivo .csv

Para obtener el archivo con extensión .dat es necesario guardar la base de datos en Excel como un archivo de texto .txt delimitado por tabulaciones, como se muestra en la ilustración 23.

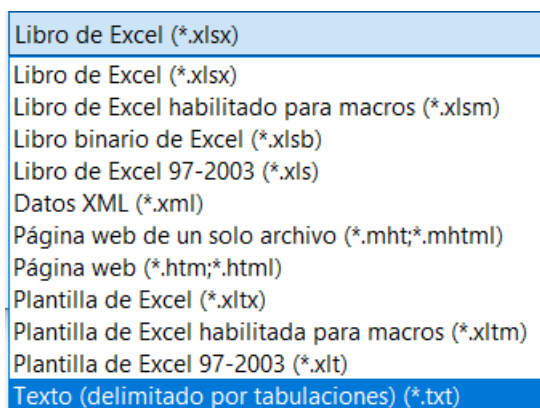


Ilustración 23. Ventana de guardar como de Excel para archivo .txt

Una vez guardado el archivo con extensión .txt es necesario cambiar la extensión del mismo por .dat.




Nombre	Tipo
 BIOGEME.dat	Archivo DAT
 BIOGEME.txt	Documento de texto
 BIOGEME.xlsx	Hoja de cálculo de Microsoft Excel

Ilustración 24. Formato .dat de la base de datos

Una vez guardada la base de datos como un archivo .csv o .dat, se puede cargar esta información en BIOGEME.

Si se desea ver la información cargada correspondiente a la base de datos se puede utilizar el siguiente código:

```
1 #Leer la base datos|
2 df=pd.read_csv('BDBIOGEME.dat', '\t')
3 print(df)
```

Ilustración 25. Imprimir base de datos

	ID	EDAD	SEXO	ECONOMIA	CASO	bus_tv	bus_cost	bus_pandemia	taxi_tv
\									
0	56	21	1	1	9	36	0.55	0	20
1	56	21	1	1	8	36	0.45	1	20
2	56	21	1	1	7	36	0.35	1	20
3	56	21	1	1	6	33	0.55	1	16
4	56	21	1	1	5	33	0.45	0	16
...
5008	1	24	1	1	5	33	0.45	0	16
5009	1	24	1	1	4	33	0.35	0	16
5010	1	24	1	1	3	29	0.55	1	12
5011	1	24	1	1	2	29	0.45	0	12
5012	1	24	1	1	1	29	0.35	1	12

Ilustración 26. Base de datos

b) Para obtener datos estadísticos de la base de datos se puede escribir el código (BD.describe()).

La información estadística que nos proporciona BIOGEME es la media, error estándar, el mínimo, máximo, los cuartiles (25%, 50%, 75%).

```
In [2]: 1 BD.describe()
Out[2]:
```

	GROUP	SURVEY	SP	ID	PURPOSE	FIRST	TICKE
count	10728.000000	10728.000000	10728.0	10728.000000	10728.000000	10728.000000	10728.000000
mean	2.630034	0.630034	1.0	596.500000	2.914430	0.470638	2.88842
std	0.482818	0.482818	0.0	344.116678	1.147443	0.499160	2.19110
min	2.000000	0.000000	1.0	1.000000	1.000000	0.000000	1.00000
25%	2.000000	0.000000	1.0	298.750000	2.000000	0.000000	1.00000
50%	3.000000	1.000000	1.0	596.500000	3.000000	0.000000	3.00000
75%	3.000000	1.000000	1.0	894.250000	3.250000	1.000000	3.00000
max	3.000000	1.000000	1.0	1192.000000	9.000000	1.000000	10.00000

8 rows x 28 columns

Ilustración 27. Datos estadísticos de la base de datos

- c) Para que la base de datos sea entendida por el programa, se emplea el siguiente módulo (database = db.Database('BDBIOGEME', BD). BD es la abreviación de base de datos.

```
5 database=db.Database('BDBIOGEME', df)
```

Ilustración 28. Cargar la base de datos

En este punto el programa puede procesar los datos de BD que se denominó “BDBIOGEME”.

- d) Se define las variables. En la primera fila de la base de datos se encuentra el nombre de las variables a ser analizadas, por tal motivo es necesario que se coloquen los mismos nombres al momento de declarar las variables en BIOGEME. Para que el programa las entienda como variables de Python empleando el siguiente código: (globals().update(database.variables)).

```
8 #La siguiente declaracion permite usar los nombres de las
9 #variables como variables Python.
10 globals().update(database.variables)
```

Ilustración 29. Globals

- e) Para saber las observaciones existentes en el archivo, empleamos el siguiente código (`database.getSampleSize ()`).

```
In [10]: 1 database.getSampleSize ()  
Out[10]: 5013
```

Ilustración 30. Tamaño de la muestra

- f) BIOGEME permite realizar un análisis excluyendo cualquiera de las variables o algunos de los niveles de estas variables con el siguiente comando:

```
In [ ]: 1 exclude=(bus_pandemia !=1)>0  
       2 database.remove(exclude)
```

Ilustración 31. Exclusión de variables.

En este caso BIOGEME no considera los casos en que la variable pandemia no se toma en cuenta. En la base de datos los casos en que no se considera la pandemia están representados por el valor de 0.

2.4.3 Especificación del modelo

- a) En este apartado se procede a usar la función Beta que se importó inicialmente, esta función permite definir un parámetro a estimar, o dicho de otra manera los parámetros que deseamos obtener al correr el modelo en BIOGEME.

```
In [ ]: 1 #Especificacion del modelo
        2 #declaracion de variables
        3 # Parameters to be estimated
        4 ASC_BUS = Beta('ASC_BUS', 0, -10000, 10000, 0)
        5 ASC_TAXI = Beta('ASC_TAXI', 0, -10000, 10000, 1)
        6 ASC_BICICLETA = Beta('ASC_BICICLETA', 0, -10000, 1000, 0)
        7 B_TIEMPO = Beta('B_TIEMPO', 0, -10000, 10000, 0)
        8 B_COSTO = Beta('B_COSTO', 0, -10000, 10000, 0)
        9 B_EDAD = Beta('B_EDAD', 0, -10000, 10000, 0)
       10 B_ECONOMIA = Beta('B_ECONOMIA', 0, -10000, 10000, 0)
       11 B_SEXO = Beta('B_SEXO', 0, -10000, 10000, 0)
       12 B_PANDEMIA = Beta('B_PANDEMIA', 0, -10000, 10000, 0)
       13 B_CICLOVIA = Beta('B_CICLOVIA', 0, -10000, 10000, 0)
```

Ilustración 32. Especificación del modelo

Cada variable declarada cuenta con cinco parámetros:

EJEMPLO	Parámetros				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ASC_BUS	'ASC_BUS'	0	None	None	0

Tabla 19. Parámetros de una variable

De donde:

- Parámetro (1): nombre a ser utilizado en el reporte de BIOGEME. Las variables que se declaran en Python deben tener el mismo nombre de las variables que se utilizaran al momento de programar la función de utilidad.
- Parámetro (2): corresponde al valor predeterminado a utilizarse como punto de partida para la estimación. En caso de no conocer este valor, se debe colocar 0.
- Parámetros (3) y (4): corresponden al límite inferior y superior que se desea establecer en el parámetro. En caso de que no se desee establecer límites, se debe escribir “None” para el límite inferior y superior.
- Parámetro (5): este parámetro puede tomar el valor de 0 o 1 y se lo estima a partir de los datos. Si toma el valor de 1 BIOGEME no modificará el valor y

utilizará el que se haya decidido en el parámetro (2), y lo mantendrá durante la estimación sin modificarlo. Para los parámetros que tomen el valor de 0, BIOGEME obtendrá los resultados.

- b) Se pueden definir otro tipo de variables que no requieran considerar la función beta, sin embargo, son importantes para estimar el modelo en la función de utilidad.

```
15 # Defino nuevas variables para otras estimaciones en modelos
16 BUS_TIEMPO = bus_tv
17 TAXI_TIEMPO = taxi_tv
18 BICICLETA_TIEMPO = bici_tv
19 BUS_COSTO = bus_cost
20 TAXI_COSTO = taxi_cost
21 CICLOVIA=ciclovia
22 SP=SP
23 ECONOMIA=ECONOMIA
24 EDAD=EDAD
25 ECON1=ECONOMIA==1
26 ECON2=ECONOMIA==2
27 ECON2=ECONOMIA==3
28 ECON2=ECONOMIA==4
29 PANDEMIA1=bus_pandemia==1
30 PANDEMIA2=bus_pandemia==0
31 SEX1=SEXO==1
32 SEX2=SEXO==0|
33 V_BUS = v_bus
34 V_TAXI = v_taxi
35 V_BICICLETA = v_bici
```

Ilustración 33. Definición de nuevas variables

Las variables BUS_TIEMPO, TAXI_TIEMPO, BICICLETA_TIEMPO, toman el valor que se encuentra en la base de datos de las columnas con nombre bus_tv, taxi_tv y bici_tv.

Se realiza el mismo proceso para asignar la información de la base de datos con el resto de las variables.

- c) Si se desea se pueden escalar las variables para que BIOGEME pueda reportar los valores de una forma más sencilla de entender. Sin embargo, no afecta a los resultados finales.
- d) Una vez declaradas todas las variables, se especifica las funciones de utilidad.

```
38 # Defino las funciones de utilidad
39 U1 = ASC_BUS + \
40     B_TIEMPO * BUS_TIEMPO + \
41     B_COSTO * BUS_COSTO
42
43
44 U2 = ASC_TAXI + \
45     B_TIEMPO * TAXI_TIEMPO + \
46     B_COSTO * TAXI_COSTO
47
48
49 U3 = ASC_BICICLETA + \
50     B_TIEMPO * BICICLETA_TIEMPO
```

Ilustración 34. Funciones de utilidad para MNL1

- e) Se asocia las funciones de utilidad con una numeración específica de las alternativas que es la que se asume en la base de datos. Para conseguirlo se crea un diccionario de Python que consiste en la composición de una lista compuesta por una clave, que en este caso es el número 1,2,3 de las alternativas, y la expresión de la utilidad.

La alternativa 1 se asocia con la función de utilidad U1, lo mismo ocurre para el resto de las alternativas.

```

53 # Se asocia las funciones de utilidad con una numeración específica
54 U = {1: U1,
55       2: U2,
56       3: U3}

```

Ilustración 35. Codificación de las funciones de utilidad

- f) Se asocia las condiciones de disponibilidad con una numeración específica de las alternativas que es la que se asume.

```

58 #Asociando La disponibilidad de condiciones con Las alternativas
59 av = {1:V_BUS,
60       2:V_TAXI,
61       3:V_BICICLETA}

```

Ilustración 36. Codificación de la disponibilidad de las alternativas

- g) Se explica la contribución de cada observación en la muestra a la función de probabilidad logarítmica. En este caso se considera un modelo Logit. Para que BIOGEME emplee el modelo aplicamos el siguiente comando (`logprob = models.loglogit(U, av, CHOICE)`). La probabilidad logarítmica se da por un modelo denominado “loglogit”, que se encuentra disponible en el módulo “modelos” de BIOGEME la cual se importó al principio. Este modelo considera tres argumentos: el diccionario de las funciones de utilidad (U), el diccionario de disponibilidad de condiciones (logprob) y la variable de elección del medio de transporte (CHOICE) que se encuentra almacenada en la base de datos.

```

63 #Definición del modelo.
64 logprob=models.loglogit(U,av,CHOICE)

```

Ilustración 37. Definición del modelo

- h) Se inicia el análisis en BIOGEME. Se llama al constructor esto quiere decir que se construye un objeto BIOGEME proporcionando la base de datos definida y la formula logprob. También proporcionamos un nombre para los archivos de salida (MNL1).

```
66 #Creando el objeto de Biogeme
67 biogeme=bio.BIOGEME(database,logprob)
68 biogeme.modelName='MNL1'
```

Ilustración 38. Creación de objetos en BIOGEME

- i) Se ejecuta la estimación del modelo llamando la función estimación de BIOGEME y se almacenan los resultados en una variable denominada “results”.

```
70 # Estimacion de Los paremetros (Resultados)
71 results = biogeme.estimate()
```

Ilustración 39. Resultados en BIOGEME

BIOGEME imprimirá los resultados con el nombre asignado (MNL1).

- j) BIOGEME también puede imprimir los resultados en un archivo tipo .html y .pickle donde se puede visualizar los resultados de forma más organizada en un navegador.

CAPITULO III

3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

De las encuestas realizadas en el sector financiero de Quito se determinó que la muestra a ser analizada es de 557 encuestas de las cuales 280 se las realizaron a hombres y 277 a mujeres, ver ilustración 40.

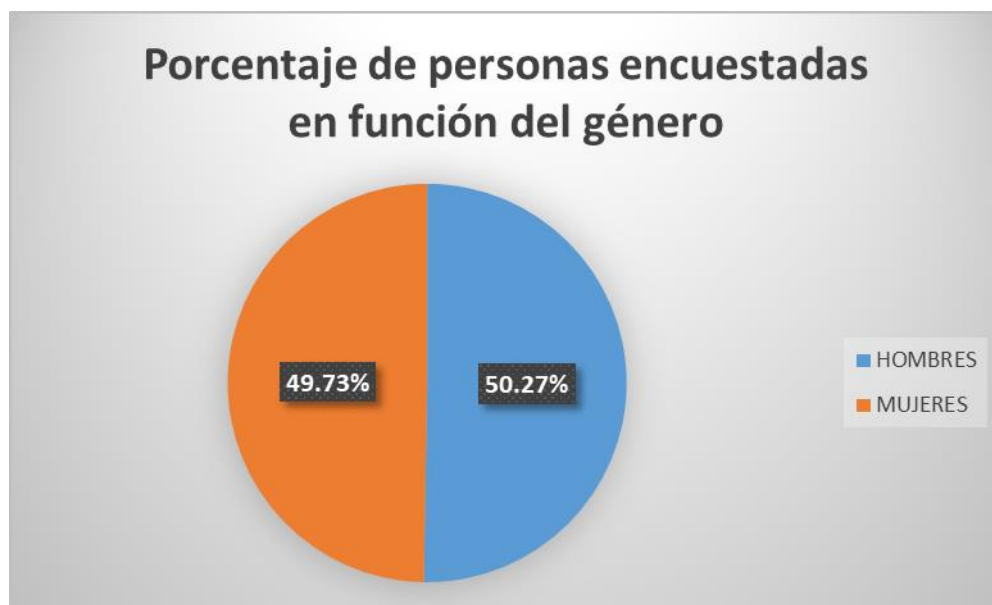


Ilustración 40. Porcentaje de personas encuestadas en función del género.

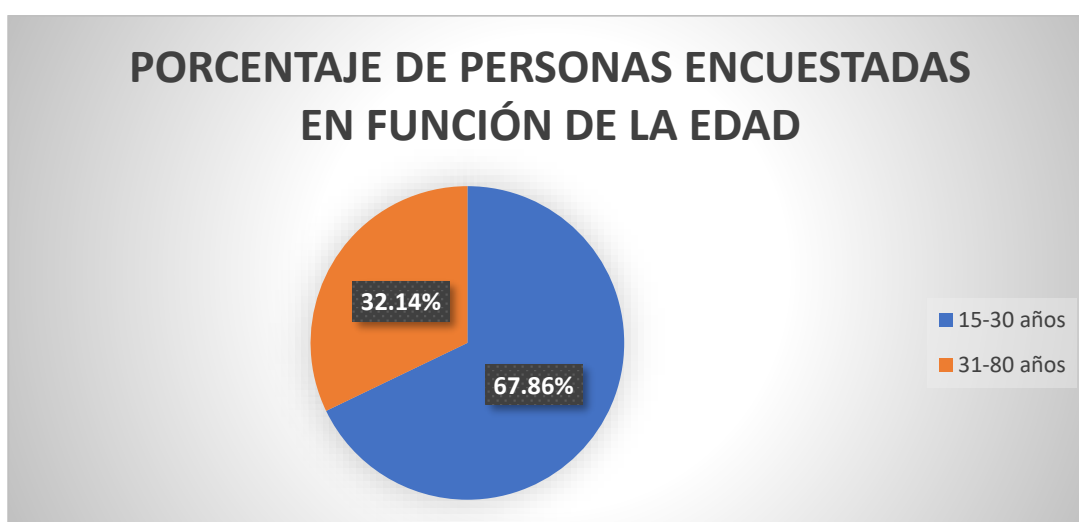


Ilustración 41. Porcentaje de personas encuestadas en función de la edad.

En la ilustración 41, se dividió a la muestra en dos rangos de edad, el primero de 15 a 30 años y el siguiente grupo corresponde a personas mayores de 30 años. Para el primer grupo está representado por un 67.86% y el segundo por un 32.14% del total de la muestra.

PORCENTAJE DE PERSONAS ENCUESTADAS EN FUNCIÓN DEL INGRESO MENSUAL

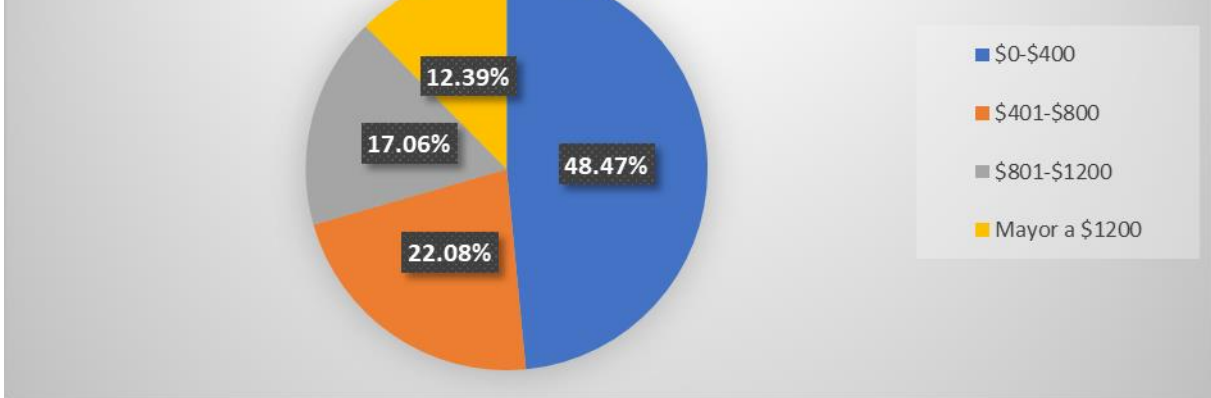


Ilustración 42. Porcentaje de personas encuestadas en función del ingreso mensual

Para la ilustración 42, se dividió a la muestra en cuatro clasificaciones de acuerdo con los ingresos que se perciben mensualmente. El primer rango corresponde a ingresos que van de \$0 a \$400 representado por un 48.47%, el segundo rango que va de \$401 a \$800 representado por un porcentaje del 22.08%, el tercer rango que va de \$801 a \$1200 representado por un porcentaje del 17.06% y el cuarto rango que son ingresos mayores a \$1200 representado por un porcentaje del 12.39%.

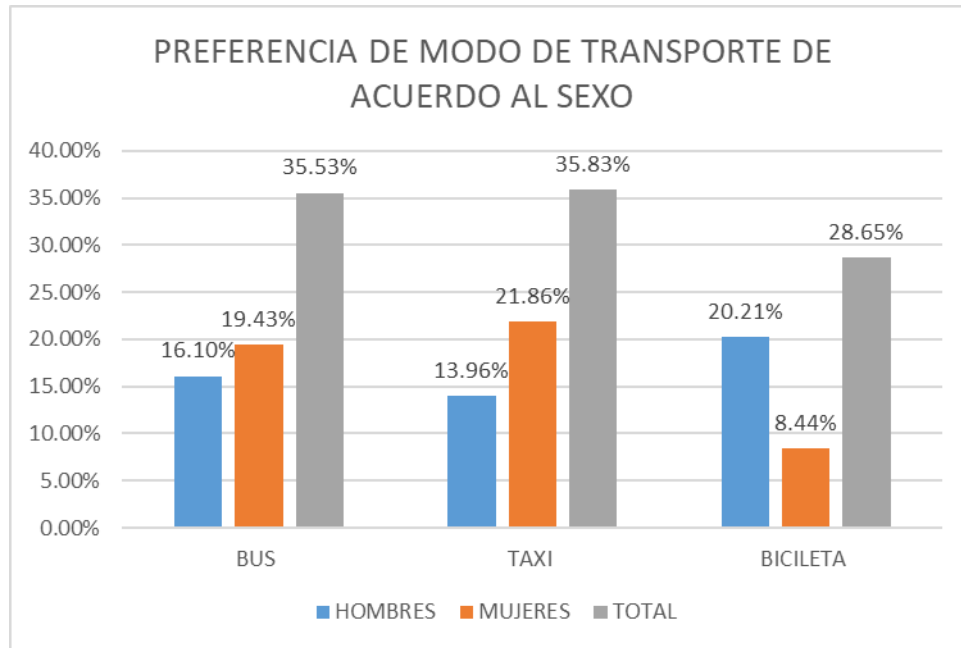


Ilustración 43. Preferencia de modo de transporte de acuerdo al género

Para la obtención de los porcentajes analizados en el gráfico 43 se consideró la variable sexo y la elección del medio de transporte, del cual se puede observar que el transporte de preferencia para hombres considerando la pandemia por Covid-19 es la bicicleta con un 20.21%, seguido del bus con un 16.10% y el taxi con un 13.96% de aceptación. En el caso de las mujeres el transporte predilecto es el taxi con un 21.86%, seguido del bus con un 19.43% y la bicicleta con un 8.44%.

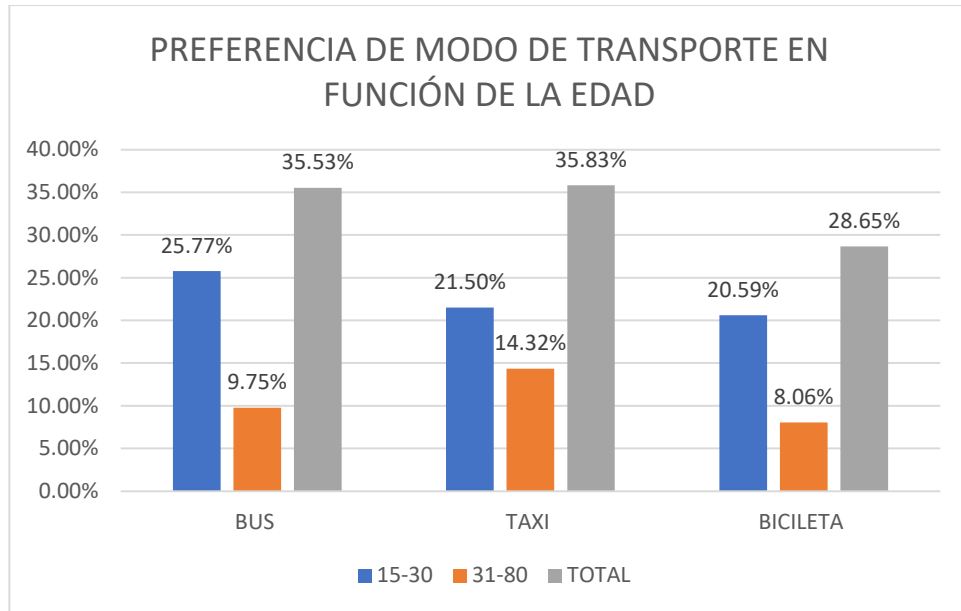


Ilustración 44. Preferencia de modo de transporte en función de la edad

Para la obtención de los porcentajes analizados en la ilustración 44 se consideró la variable edad y la elección del medio de transporte. Para determinar la aceptación de un medio de transporte en función de la edad se dividió en dos grupos, el primero corresponde al rango de 15 a 30 años donde el transporte predilecto es el bus con un 25,77%, seguido del taxi con un 21.5% y la bicicleta con un 20.59%. El otro grupo analizado es el de 31 años en adelante en donde el transporte con mayor aceptación es el taxi con un 14.32%, seguido del bus con 9.75% y la bicicleta con un 8.06%.

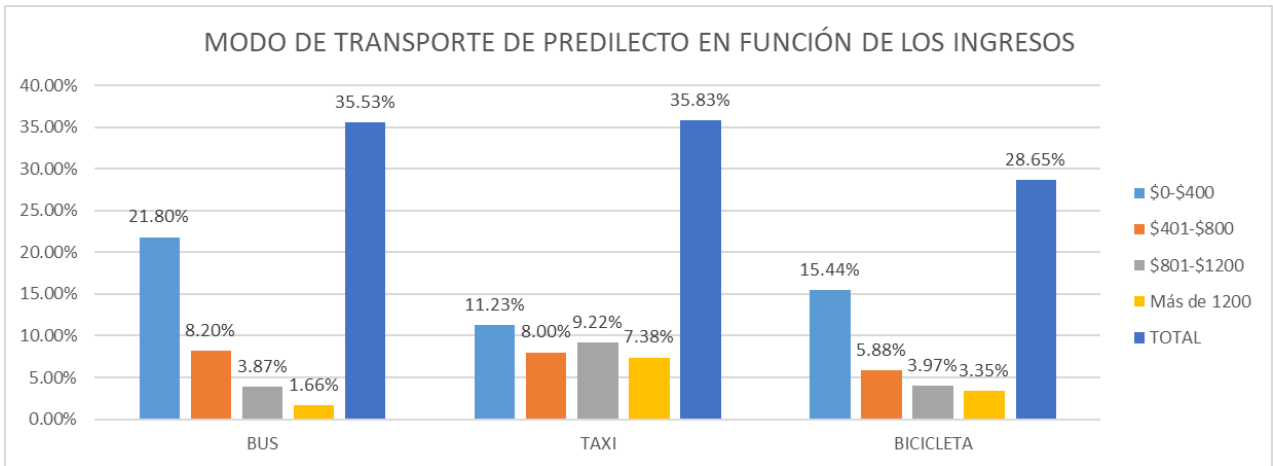


Ilustración 45. Modo de transporte predilecto en función de los ingresos

Para la obtención de los porcentajes analizados en la ilustración 45, se consideró la variable economía y la elección del medio de transporte, del cual se puede observar que para ingresos mensuales de \$0 a \$400 dólares el transporte de preferencia es el bus con un 21.8%, seguido de la bicicleta con un 15.44% y el taxi con un 11.23%. Para ingresos percibidos de \$401 a \$800 dólares el transporte predilecto es el bus con un 8.20%, seguido del taxi con un 8% y la bicicleta con un 5.88%. Para ingresos de \$801 a \$1200, el transporte preferido es el taxi con un 9.22% seguido de la bicicleta con un 3.97% y el bus con un 3.87%. Finalmente, para ingresos mayores a \$1200 el transporte preferido es el taxi con un 7.38%, seguido de la bicicleta con un 3.35% y el bus con un 1.66%. Esta tendencia nos indica que conforme incrementan los ingresos mensuales, el transporte de preferencia es el taxi.

3.2 RESULTADOS OBTENIDOS APLICANDO ECONOMETRÍA

Los resultados probabilísticos que se presentan a continuación se obtienen de aplicar el modelo Logit Multinomial y ejecutarlo en el software BIOGEME. Este programa permite analizar todas

las variables que se consideren en las funciones de utilidad que se deseen estudiar, permitiendo obtener resultados que se asemejan a los fenómenos que ocurren en la realidad.

En el área de transportes, las dos variables más analizadas suelen ser el tiempo de viaje y el costo, sin embargo, es posible incorporar más variables en la misma función de utilidad. En este caso dado que el principal objetivo es determinar la aceptación de un medio de transporte, el modelo adecuado que nos permite obtener los resultados deseados es el MNL.

Una vez que el programa analiza todos los datos, en las funciones de utilidad, entrega el valor estimado del parámetro analizado con valores logarítmicos, por lo cual, para obtener la probabilidad real es necesario emplear la siguiente expresión:

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2} + e^{V_3}} \quad [42]$$

$$P_2 = \frac{e^{V_2}}{e^{V_1} + e^{V_2} + e^{V_3}} \quad [43]$$

$$P_3 = \frac{e^{V_3}}{e^{V_1} + e^{V_2} + e^{V_3}} \quad [44]$$

De donde:

e = Es el número de Euler ($e= 2.71828$).

V_1 = Es la utilidad de elección del bus.

V_2 = Es la utilidad de elección del taxi.

V_3 = Es la utilidad de elección de la bicicleta.

P_1, P_2, P_3 = Corresponden a la probabilidad en porcentaje de elección de cada medio de transporte (bus, taxi y bicicleta).

Cabe recalcar que para los modelos MNL1 al MNL4 se analizan la influencia de las variables más representativas de manera individual, por tal motivo las probabilidades de aceptación no son

concluyentes, pero nos permiten identificar como se alteran las probabilidades de elección al irse incorporando cada una de estas variables.

3.2.1 *MNL*₁ COSTO Y TIEMPO

*MNL*₁, es el modelo más básico en donde se considera las dos variables principales (costo y tiempo de viaje)

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \varepsilon \quad [45]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [46]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \varepsilon \quad [47]$$

De donde:

β_1 = Constante específica de alternativa del bus, en la programación de BIOGEME se la representa como ASC_BUS.

β_2 = Constante específica de alternativa del taxi, en la programación de BIOGEME se la representa como ASC_TAXI.

β_3 = Constante específica de alternativa del taxi, en la programación de BIOGEME se la representa como ASC_BICICLETA.

β_T = Parámetro β referente al tiempo, este lo determina el programa (β_{TIEMPO}).

β_C = Parámetro β referente al costo, este lo determina el programa (β_{COSTO}).

TV = Tiempo de viaje en minutos para cada caso.

$COSTO$ = Costo de viaje para cada caso.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-1.9	0.36	-5.27	1.39e-07	0.361	-5.26	1.47e-07
ASC_TAXI	-0.893	0.496	-1.8	0.0715	0.497	-1.8	0.0724
B_COSTO	-0.495	0.0803	-6.17	6.94e-10	0.081	-6.11	9.74e-10
B_TIEMPO	-0.115	0.0281	-4.09	4.33e-05	0.0282	-4.07	4.7e-05

Ilustración 46. Parámetros estimados para el MNL1

Un buen indicador de que los resultados obtenidos en el programa sean coherentes es que el Rob. T-test sea mayor a 1.95 de confiabilidad. Sin embargo, si este valor no es mayor a 1.95, no quiere decir que el modelo este mal, debido a que hay variables que son ponderantes para el modelo y deben ser analizadas. Otro buen indicador es que el B_COSTO y B_TIEMPO en lo posible sean negativos para que la función de utilidad no se vea afectada. Para el presente caso todos los parámetros analizados son mayores a 1.95, excepto el ASC_TAXI, de donde se tiene expresadas las siguientes funciones de utilidad de manera general. Reemplazando los parámetros obtenidos en las ecuaciones 45, 46, 47, se obtienen las siguientes funciones de utilidad:

$$V_1 = -0.1148 * TV - 0.4954 * COSTO + \varepsilon$$

$$V_2 = -0.8934 - 1.4 - 0.1148 * TV - 0.4954 * COSTO + \varepsilon$$

$$V_3 = -1.8968 - 0.1148 * TV - 0.4954 * COSTO + \varepsilon$$

Reemplazando en las expresiones generales los valores del tiempo en minutos y costo en dólares en cada uno de los 9 escenarios, ver ilustraciones 8-16. A continuación, se muestra el cálculo reemplazando los valores de la ilustración 46, correspondiente al primer escenario.

$$V_1 = -0.1148 * 29 - 0.4954 * 0.35 + \varepsilon$$

$$V_2 = -0.8934 - 1.4 - 0.1148 * 12 - 0.4954 * 2 + \varepsilon$$

$$V_3 = -1.8968 - 0.1148 * 15 - 0.4954 * 0 + \varepsilon$$

$$V_1 = -0.1148 * 29 - 0.4954 * 0.35 = -3.0434$$

$$V_2 = -0.8934 - 1.4 - 0.1148 * 12 - 0.4954 * 2 = -3.2618$$

$$V_3 = -1.8968 - 0.1148 * 15 - 0.4954 * 0 = -3.6188$$

Empleando las ecuaciones 42, 43 y 44 se obtiene las probabilidades de aceptación de cada medio de transporte.

$$P_1 = \frac{e^{-3.5026}}{e^{-3.5026} + e^{-3.2618} + e^{-3.6188}} = 31.62\%$$

$$P_2 = \frac{e^{-3.2618}}{e^{-3.5026} + e^{-3.2618} + e^{-3.6188}} = 40.23\%$$

$$P_3 = \frac{e^{-3.6188}}{e^{-3.5026} + e^{-3.2618} + e^{-3.6188}} = 28.15\%$$

De donde podemos concluir que para los resultados del escenario 1, planteado en las encuestas, el transporte predilecto es el taxi (P_2) con un 40.23%, seguido del bus (P_1) con un 31.62% de aceptación y la bicicleta con un 28.15%.

En la tabla 20 se detalla el valor de las utilidades y probabilidades elección para cada medio de transporte considerando los valores planteados en los 9 escenarios experimentales:

ESCENARIO	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	-3.5026	-3.2618	-3.6188	31.62%	40.23%	28.15%
2	-3.5521	-3.5095	-3.6188	33.57%	35.03%	31.40%
3	-3.6017	-3.7572	-3.6188	35.22%	30.15%	34.63%
4	-3.9618	-3.7210	-4.19283	32.62%	41.50%	25.89%
5	-4.0113	-3.9687	-4.1928	34.75%	36.26%	28.98%
6	-4.0609	-4.2164	-4.1928	36.60%	31.33%	32.07%
7	-4.3062	-4.1802	-4.7668	36.16%	41.02%	22.82%
8	-4.3557	-4.4279	-4.7668	38.56%	35.88%	25.56%
9	-4.4053	-4.6756	-4.7668	40.65%	31.02%	28.32%

Tabla 20. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNLI

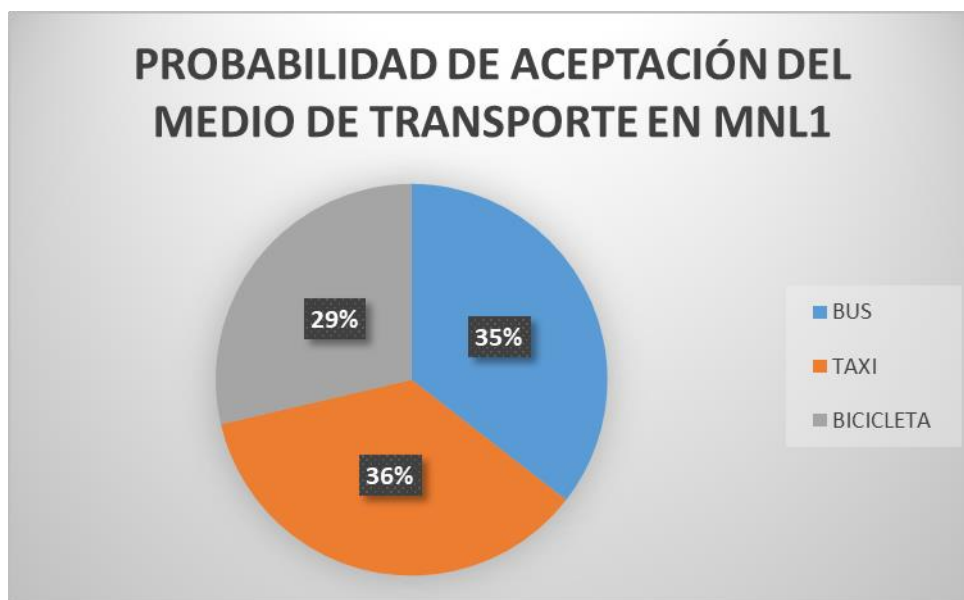


Ilustración 47. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNLI.

Para el primer modelo donde se consideraron las variables de costo y tiempo en los nueve escenarios de estudio, el medio de transporte que tiene la mayor aceptación es el taxi, seguido del bus y la bicicleta. Esto se debe a que el taxi es un transporte que no requiere aglomeración de personas y tarda menos tiempo en recorrer la misma distancia. Sin embargo, este patrón se cumple para costos de viaje hasta los \$2.50, ya que para los escenarios en donde se consideró costos de \$3 para el taxi, se optó por elegir bus o bicicleta.

Si nos enfocamos en los escenarios 3,6 y 9 en donde el costo de viaje del taxi es de \$3, el transporte de mayor aceptación es el bus a pesar de que hacer uso de este medio de transporte conlleva mayor tiempo. Para los tres casos el porcentaje de aceptación de la bicicleta aumenta considerablemente, en el caso 3 y 6 la probabilidad de uso de la bicicleta es mayor a la del taxi.

3.2.2 MNL₂ PANDEMIA

En este modelo se consideran las variables tiempo de viaje, costo de viaje y pandemia, para determinar cómo afecta la elección de un medio de transporte si se considera la presencia de COVID-19.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \beta_{PANDEMIA} * PANDEMIA_1 + \varepsilon \quad [48]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [49]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \varepsilon \quad [50]$$

Para el cálculo de las probabilidades se debe emplear las ecuaciones 42, 43 y 44, siguiendo el mismo procedimiento empleado en el MNL1.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-2.14	0.364	-5.89	3.98e-09	0.366	-5.85	4.81e-09
ASC_TAXI	-1.19	0.503	-2.37	0.0179	0.51	-2.33	0.0196
B_COSTO	-0.487	0.08	-6.08	1.22e-09	0.0806	-6.04	1.57e-09
B_PANDEMIA	-0.289	0.0595	-4.85	1.22e-06	0.0597	-4.84	1.31e-06
B_TIEMPO	-0.122	0.0282	-4.33	1.48e-05	0.0284	-4.3	1.75e-05

Ilustración 48. Parámetros estimados MNL2

Como se puede visualizar en la ilustración 48, todos los valores del rob. t-test son mayores a 1.96, lo cual quiere decir que el modelo es coherente.

ESCENARIO	PANDEMIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	-4.0001	-3.6284	-3.9745	28.77%	41.72%	29.51%
2	NO	-3.7598	-3.8717	-3.9745	37.02%	33.11%	29.87%
3	SI	-4.0974	-4.1149	-3.9745	32.12%	31.56%	36.32%
4	NO	-4.1996	-4.1168	-4.5850	36.15%	39.27%	24.59%
5	NO	-4.2482	-4.3601	-4.5850	38.34%	34.28%	27.38%
6	SI	-4.5858	-4.6033	-4.5850	33.52%	32.94%	33.54%
7	SI	-4.8548	-4.6052	-5.1955	33.39%	42.86%	23.75%

8	SI	-4.9034	-4.8485	-5.1955	35.67%	37.69%	26.64%
9	NO	-4.6632	-5.0917	-5.1955	44.67%	29.10%	26.23%
				PROMEDIO	35.52%	35.84%	28.65%

Tabla 21. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL2

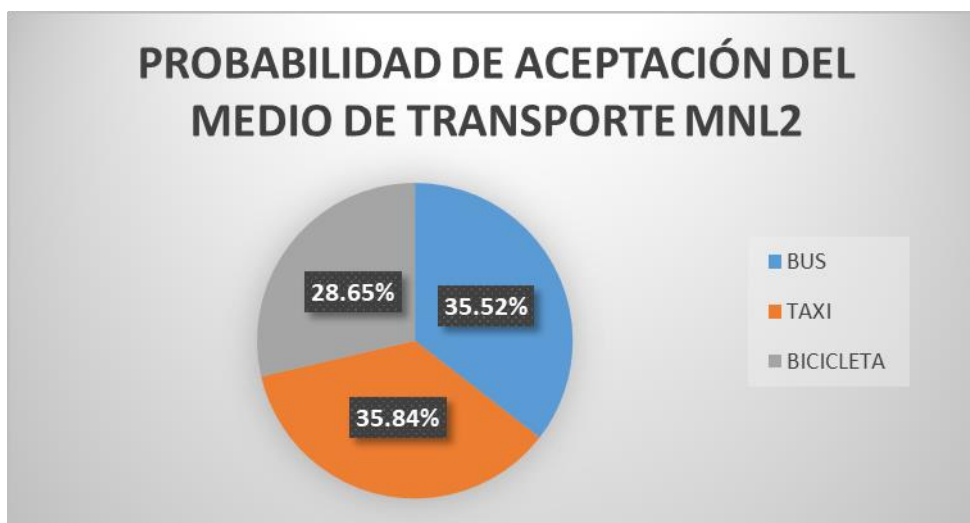


Ilustración 49. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL2.

El transporte de preferencia en el MNL2 en el que se considera la variable PANDEMIA, al igual que en el MNL1 es el taxi (35.84%), seguido del bus (35.52%) y la bicicleta (28.65%). El costo sigue siendo una variable importante al elegir el medio de transporte ya que en los escenarios 3, 6 y 9 en donde el costo de viaje del taxi es de \$3, se opta por elegir el bus o la bicicleta.

Para el presente estudio se consideró 9 escenarios de los cuales en los escenarios 1, 3, 6, 7 y 8 se considera la pandemia al momento de elegir un medio de transporte, como se puede observar en la tabla 21 y la ilustración 51, si comparamos estos escenarios con los del MNL1, ver tabla 20 e ilustración 50, en donde no se considera la variable PANDEMIA en las funciones de utilidad, se puede verificar que la probabilidad de usar bus disminuye y la probabilidad de usar bicicleta aumenta.

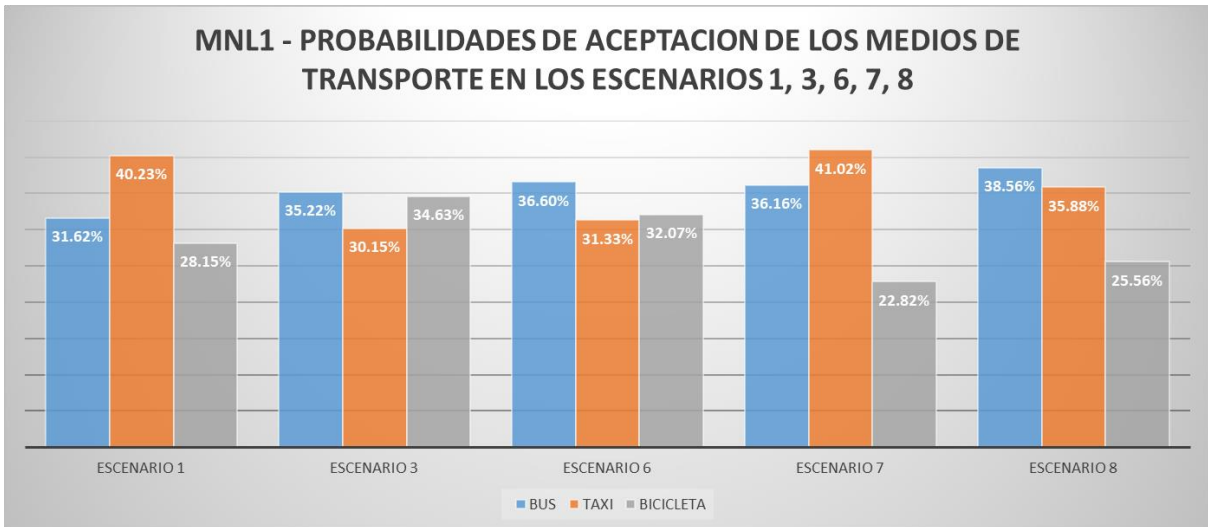


Ilustración 50. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 1, 3, 6, 7, 8

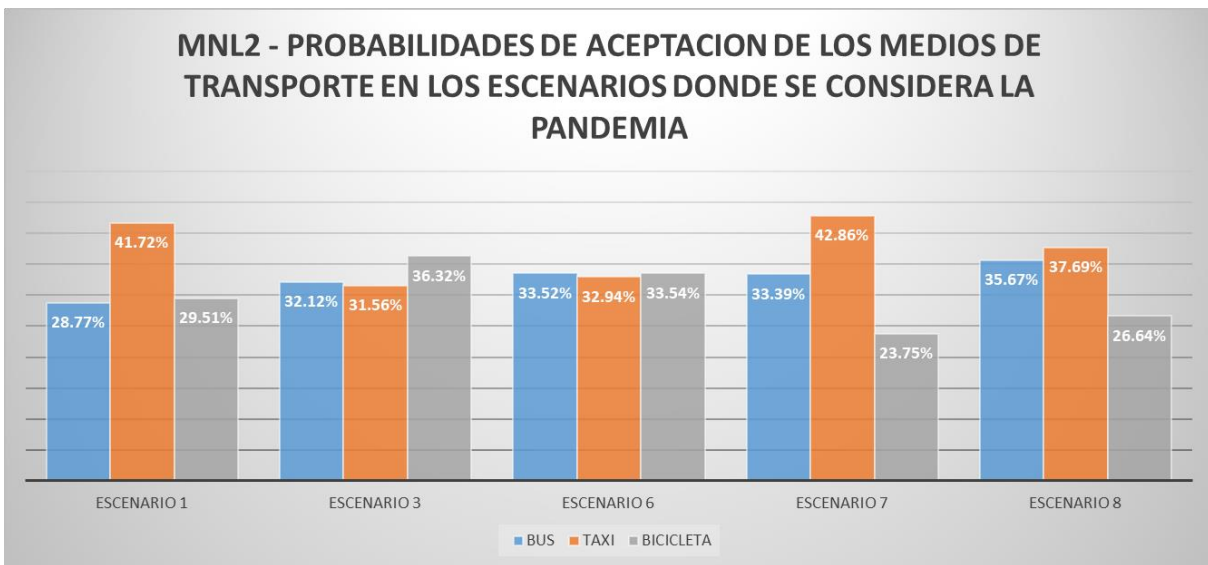


Ilustración 51. Probabilidades de aceptación del modelo MNL2 para los escenarios 1, 3, 6, 7, 8

Si se analiza los escenarios en donde no se considera la pandemia al momento de elegir un transporte, en los casos 2, 4, 5 y 9 del MNL2, ver ilustración 53, y los mismos escenarios del MNL1, ver ilustración 52, se puede visualizar que aumenta la probabilidad de usar bus y disminuye la probabilidad de elección de la bicicleta.

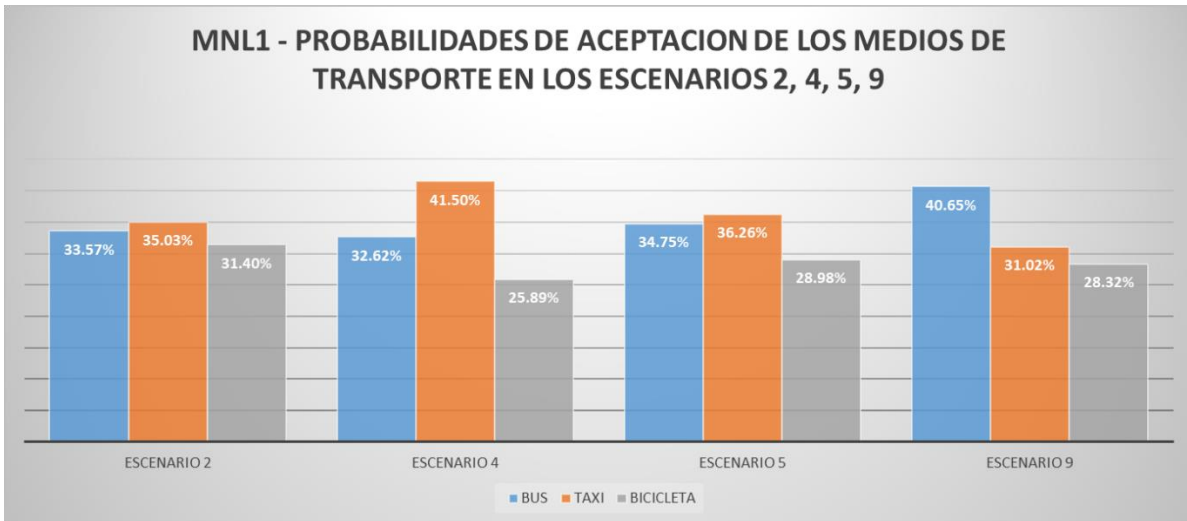


Ilustración 52. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 2, 4, 5, 9

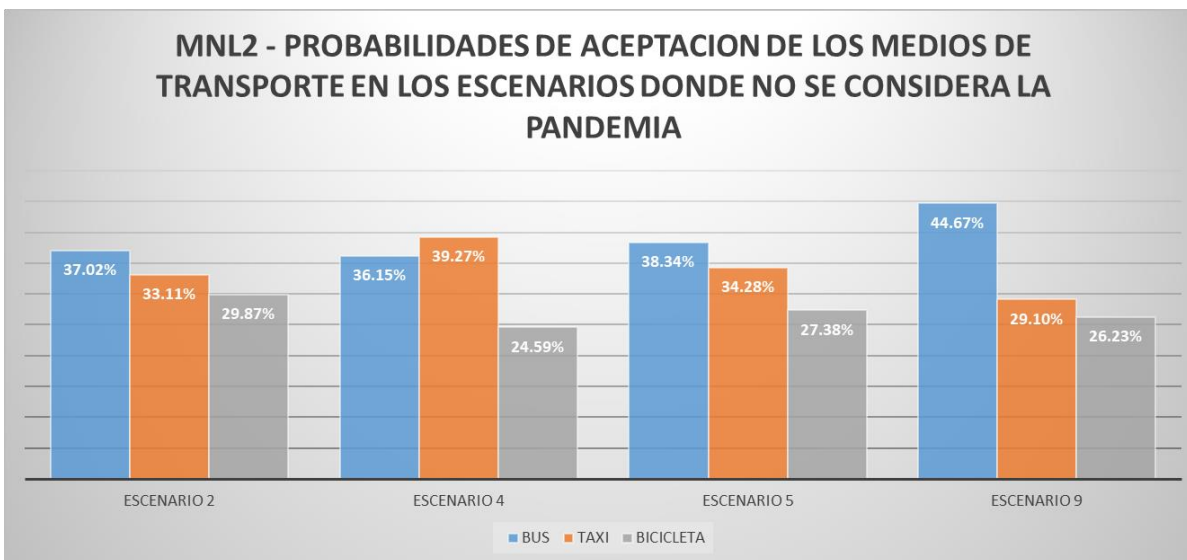


Ilustración 53. Probabilidades de aceptación del modelo MNL2 para los escenarios 2, 4, 5, 9

3.2.3 MNL₃ CICLOVÍA

En este modelo se consideran las variables tiempo de viaje, costo de viaje y ciclovia, para determinar cómo afecta la elección de un medio de transporte en caso de que se construyera una ciclovia.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \varepsilon \quad [51]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [52]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \beta_{CICLOVIA} * CILOVIA_3 + \varepsilon \quad [53]$$

Para el cálculo de las probabilidades se debe emplear las ecuaciones 42, 43 y 44, siguiendo el mismo procedimiento empleado en el MNL1.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BUS	2.37	0.368	6.43	1.25e-10	0.368	6.43	1.25e-10
ASC_TAXI	1.42	0.236	6.01	1.91e-09	0.234	6.05	1.46e-09
B_CICLOVIA	0.587	0.0706	8.3	0	0.0704	8.33	0
B_COSTO	-0.505	0.0805	-6.27	3.65e-10	0.0813	-6.21	5.34e-10
B_TIEMPO	-0.119	0.0282	-4.23	2.36e-05	0.0283	-4.22	2.49e-05

Ilustración 54. . Parámetros estimados MNL3

ESCENARIO	CICLOVÍA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	-1.2720	-1.0257	-1.2044	29.86%	38.20%	31.95%
2	SI	-1.3225	-1.2781	-1.2044	31.54%	32.97%	35.49%
3	NO	-1.3730	-1.5304	-1.7910	39.80%	34.00%	26.20%
4	NO	-1.7496	-1.5033	-2.3880	35.62%	45.57%	18.81%
5	SI	-1.8001	-1.7557	-1.8014	32.85%	34.34%	32.81%
6	SI	-1.8506	-2.0080	-1.8014	34.43%	29.41%	36.16%
7	SI	-2.1078	-1.9809	-2.3984	34.68%	39.38%	25.94%
8	NO	-2.1583	-2.2333	-2.9850	42.28%	39.23%	18.50%
9	SI	-2.2088	-2.4856	-2.3984	38.68%	29.33%	32.00%
PROMEDIO					35.53%	35.82%	28.65%

Tabla 22. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL3.

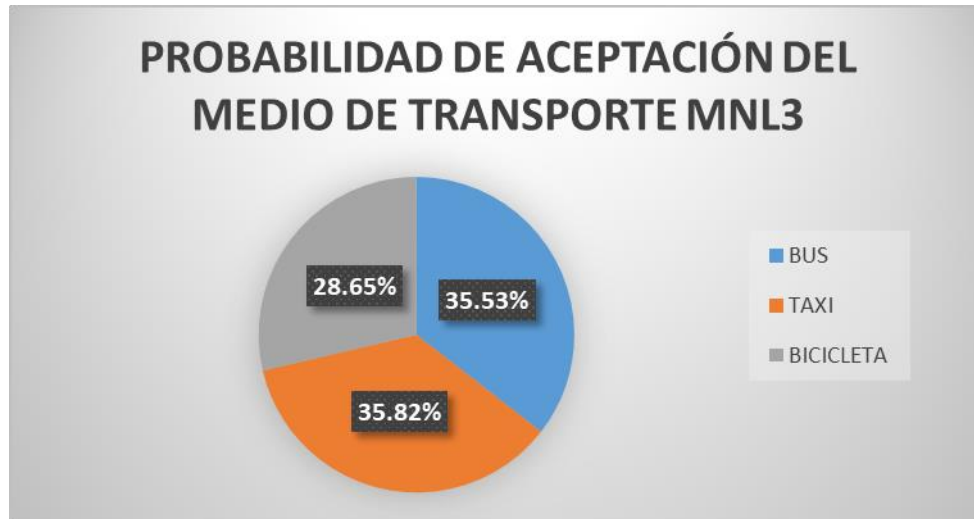


Ilustración 55. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL3.

Como se puede observar en la tabla 22 e ilustración 56, para los escenarios 1, 2, 5, 6, 7 y 9 se considera el caso hipotético en el que existe una ciclovía, para estos escenarios, la probabilidad de uso de la bicicleta aumenta y la de los buses disminuye en comparación con los resultados obtenidos en el MNL1, ver ilustración 57.

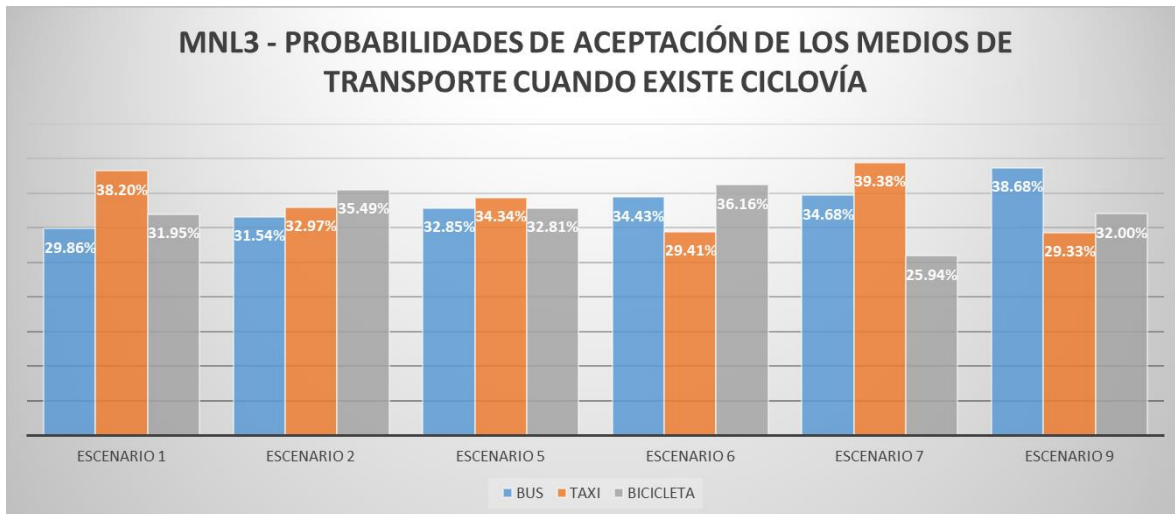


Ilustración 56. Probabilidades de aceptación del modelo MNL3 para los escenarios 1, 2, 5, 6, 7, 9

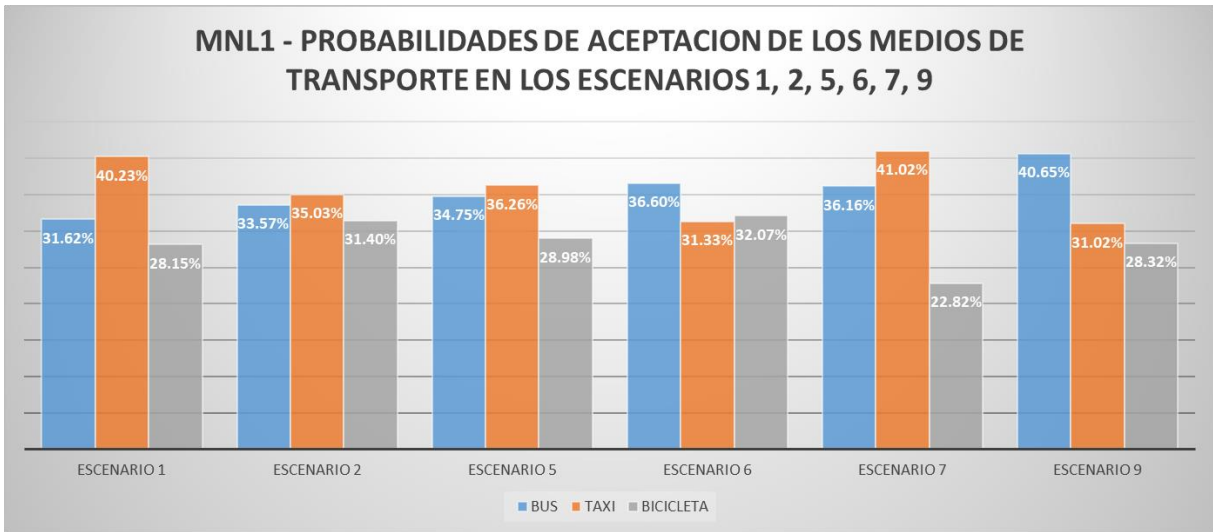


Ilustración 57. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 1, 2, 5, 6, 7, 9

Como se puede observar en la tabla 22 e ilustración 58, para los escenarios 3, 4 y 8 no se considera el caso hipotético en el que existe una ciclovía, para estos escenarios, la probabilidad de uso de la bicicleta disminuye notablemente y la de los buses aumenta en comparación con los resultados obtenidos en el MNL1, ver ilustración 59.

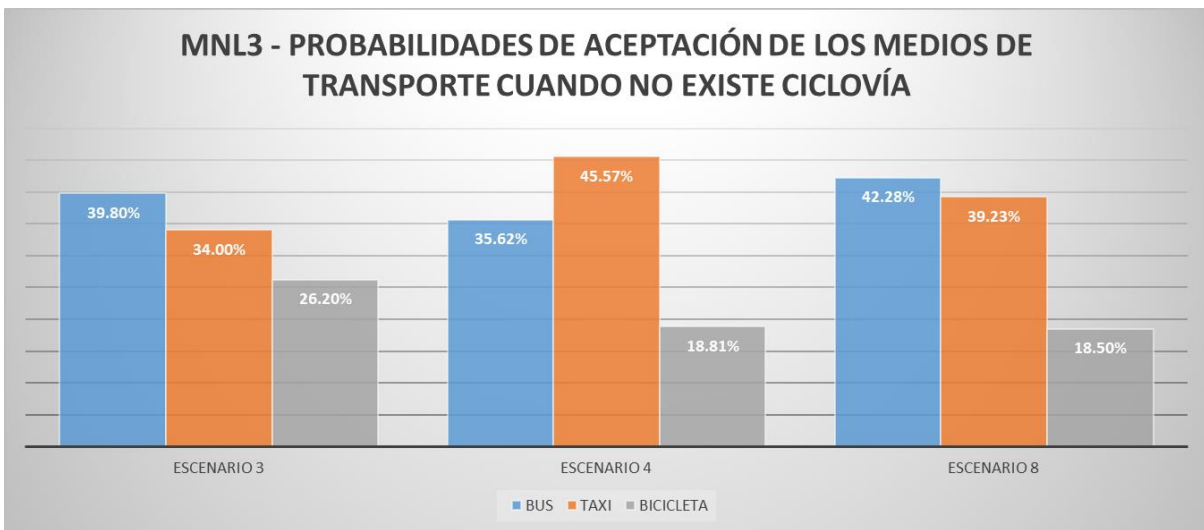


Ilustración 58. Probabilidades de aceptación del modelo MNL3 para los escenarios 3, 4, 8.

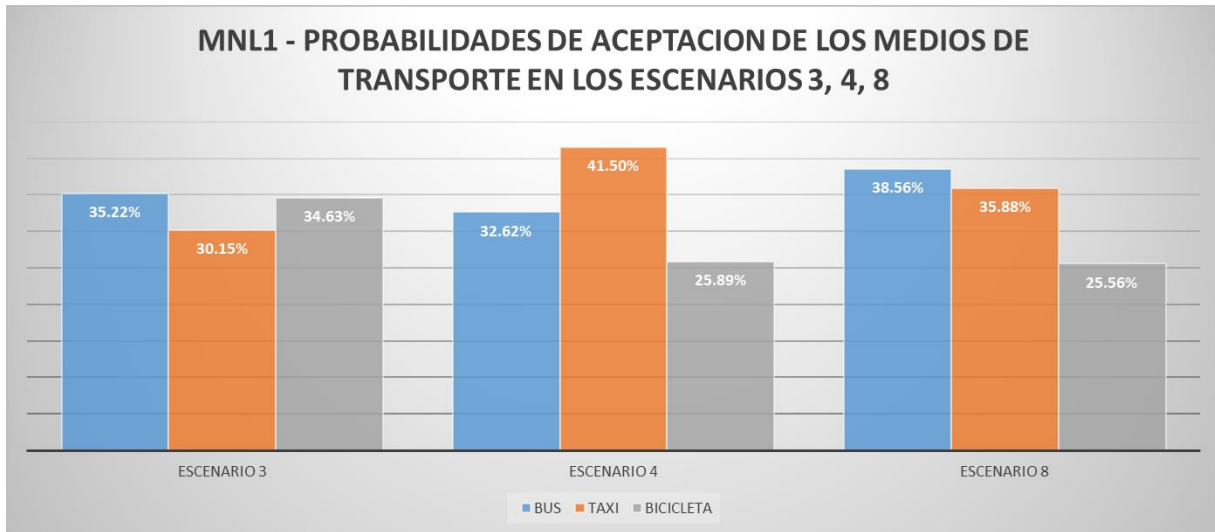


Ilustración 59. Probabilidades de aceptación del modelo MNL1 para los escenarios 3, 4, 8.

La variable predominante para elección del medio de transporte para el presente modelo sigue siendo el costo. Al existir una ciclovía, transportarse en bicicleta es más seguro y económico a diferencia del taxi que también es seguro, tomando en cuenta la probabilidad de contagio por COVID-19.

3.2.4 MNL_4 ECONOMÍA

En este modelo se consideran las variables tiempo de viaje, costo de viaje y economía, para determinar cómo afecta la elección de un medio de transporte si se considera los ingresos percibidos mensualmente.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \beta_{ECONOMIA} * ECONOMIA_1 + \varepsilon \quad [54]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [55]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \varepsilon \quad [56]$$

Considere que para la variable economía existe 4 rangos como se puede ver en la tabla 4.

Para el cálculo de las probabilidades se debe emplear las ecuaciones 42, 43 y 44, siguiendo el mismo procedimiento empleado en el MNL1.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-2.91	0.372	-7.82	5.11e-15	0.382	-7.61	2.66e-14
ASC_TAXI	-1.91	0.508	-3.76	0.000169	0.522	-3.66	0.000252
B_COSTO	-0.5	0.0807	-6.2	5.81e-10	0.0802	-6.23	4.53e-10
B_ECONOMIA	-0.523	0.0317	-16.5	0	0.0311	-16.8	0
B_TIEMPO	-0.119	0.0286	-4.15	3.31e-05	0.0295	-4.03	5.68e-05

Ilustración 60. Parámetros estimados MNL4

ESCENARIO	ECONOMÍA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	-4.1408	-4.3336	-4.6894	41.63%	34.33%	24.05%
2	SI	-4.1908	-4.5836	-4.6894	43.81%	29.58%	26.61%
3	SI	-4.2407	-4.8335	-4.6894	45.64%	25.23%	29.14%
4	SI	-4.6156	-4.8084	-5.2829	42.78%	35.27%	21.95%
5	SI	-4.6656	-5.0584	-5.2829	45.16%	30.49%	24.36%
6	SI	-4.7155	-5.3083	-5.2829	47.17%	26.08%	26.75%
7	SI	-4.9717	-5.2832	-5.8764	46.80%	34.27%	18.94%
8	SI	-5.0217	-5.5332	-5.8764	49.38%	29.61%	21.01%
9	SI	-5.0716	-5.7831	-5.8764	51.60%	25.33%	23.07%
				PROMEDIO	45.99%	30.02%	23.98%

Tabla 23. . Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL4.

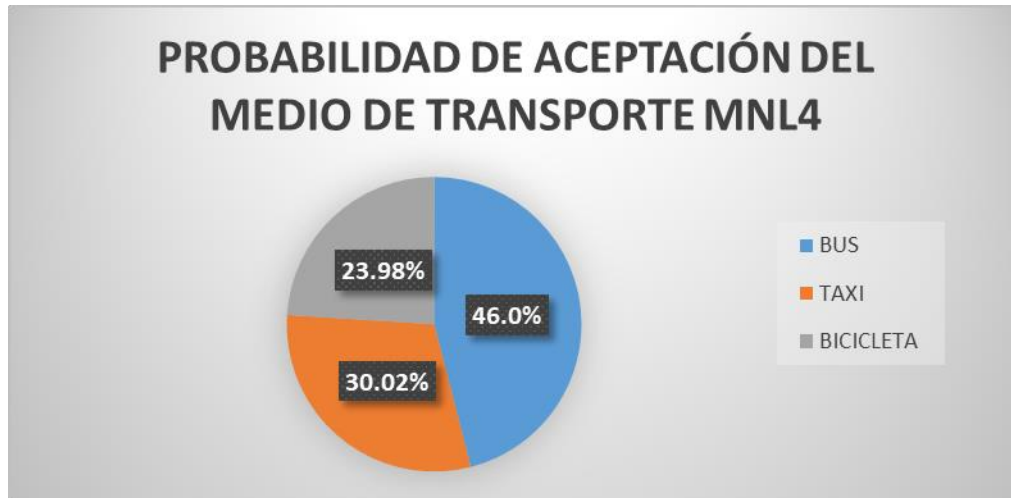


Ilustración 61. Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL4.

En la ilustración 61, se puede visualizar que el bus es el transporte predilecto con un 46%, seguido del taxi con un 30.02% y la bicicleta con un 23.98%, lo cual demuestra que, si no se considera variables como la pandemia, el transporte predilecto es el más económico y disponible. En la ilustración 42, se puede apreciar que el 48.47% de la muestra percibe ingresos mensuales hasta los \$400. En la ilustración 62, se puede visualizar que en todos los casos el transporte predilecto es el bus.

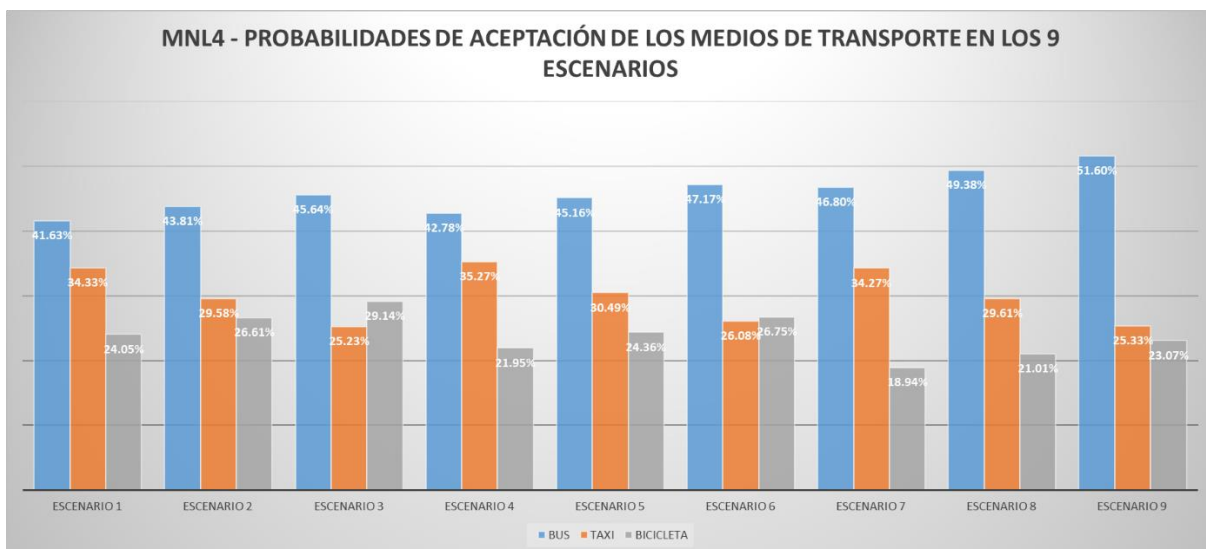


Ilustración 62. Probabilidades de aceptación del modelo MNL4 para los 9 escenarios.

3.2.5 MNL₅ PANDEMIA Y ECONOMÍA

En este modelo se consideran las variables tiempo de viaje, costo de viaje, pandemia y economía para determinar cómo afecta la elección de un medio de transporte si se considera la presencia de COVID-19 y los ingresos percibidos mensualmente.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \beta_{ECONOMIA} * ECONOMIA + \beta_{PANDEMIA} * PANDEMIA_1 + \varepsilon \quad [57]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [58]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \varepsilon \quad [59]$$

Para el cálculo de las probabilidades se debe emplear las ecuaciones 42, 43 y 44, siguiendo el mismo procedimiento empleado en el MNL1.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-3.18	0.376	-8.44	0	0.388	-8.19	2.22e-16
ASC_TAXI	-2.23	0.515	-4.33	1.49e-05	0.535	-4.17	3.05e-05
B_COSTO	-0.491	0.0804	-6.1	1.04e-09	0.0798	-6.15	7.66e-10
B_ECONOMIA	-0.526	0.0318	-16.5	0	0.0311	-16.9	0
B_PANDEMIA	-0.306	0.0614	-4.99	6.13e-07	0.0616	-4.97	6.8e-07
B_TIEMPO	-0.126	0.0287	-4.41	1.04e-05	0.0297	-4.26	2.05e-05

Ilustración 63. Parámetros estimados MNL5

ESCENARIO	ECONOMIA	PANDEMIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	-4.6694	-4.7273	-5.0713	38.27%	36.12%	25.61%
2	SI	NO	-4.4124	-4.9727	-5.0713	47.88%	27.34%	24.77%
3	SI	SI	-4.7675	-5.2181	-5.0713	42.10%	26.83%	31.07%
4	SI	NO	-4.8689	-5.2329	-5.7033	46.97%	32.64%	20.39%
5	SI	NO	-4.9180	-5.4783	-5.7033	49.33%	28.17%	22.49%
6	SI	SI	-5.2731	-5.7237	-5.7033	43.71%	27.86%	28.43%
7	SI	SI	-5.5542	-5.7385	-6.3353	43.68%	36.32%	20.00%
8	SI	SI	-5.6033	-5.9839	-6.3353	46.20%	31.58%	22.22%
9	SI	NO	-5.3462	-6.2293	-6.3353	56.01%	23.16%	20.83%

Tabla 24 . Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL5

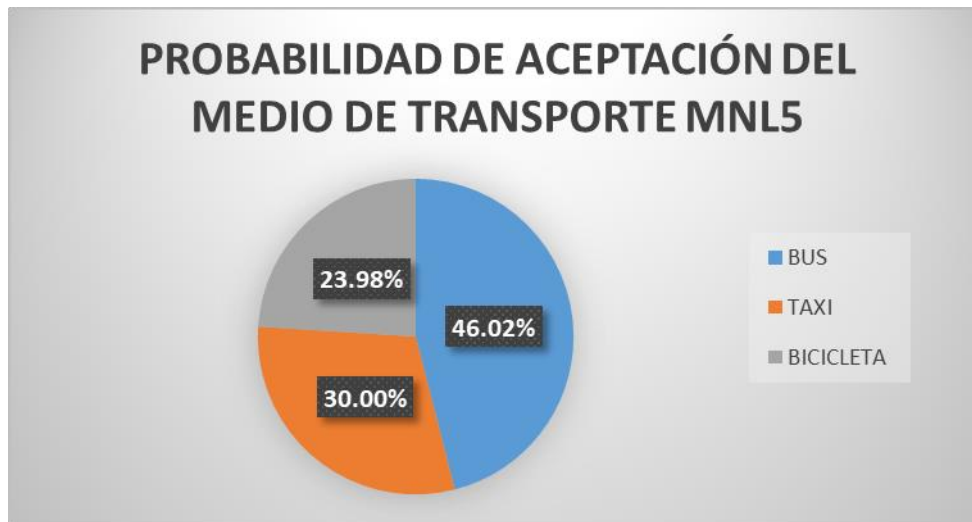


Ilustración 64 . Probabilidad de aceptación del medio de transporte en MNL5.

Al analizar este modelo, en los nueve escenarios de estudio, el medio de transporte que tiene la mayor aceptación es el bus, seguido del taxi y la bicicleta. Sigue un patrón similar al MNL4, lo que demuestra que las variables que tiene mayor importancia al momento de analizar los modelos es el costo, seguido del tiempo y la economía.

A pesar de que las probabilidades tienen cierta variación entre MNL1 Y MNL5 las tendencias de elección de un medio de transporte son las mismas, repitiéndose el patrón de que si nos enfocamos en los escenarios 3,6 y 9 en donde el costo de viaje del taxi es de \$3, el transporte de mayor aceptación es el bus considerando que hacer uso de este medio de transporte conlleva mayor tiempo. Para los tres casos el porcentaje de aceptación de la bicicleta aumenta considerablemente, en el caso 3 y 6 la probabilidad de uso de la bicicleta es mayor a la del taxi.

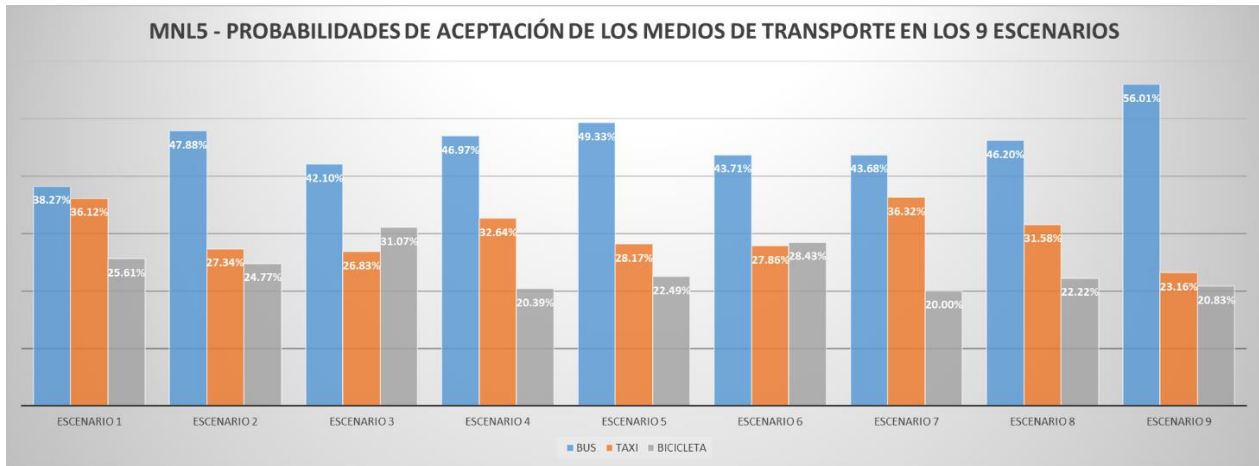


Ilustración 65. Probabilidades de aceptación del modelo MNL5 para los 9 escenarios.

Como se puede apreciar en la ilustración 65, el transporte predilecto es el bus en los 9 escenarios lo cual nos indica que la variable economía y costo tienen mayor importancia que la variable pandemia al momento de elegir un medio de transporte en el contexto de pandemia.

Si comparamos los resultados obtenidos en el presente modelo con los del MNL4, se puede observar que para los escenarios 1, 3, 6, 7 y 8 en los cuales interviene la variable pandemia, aumenta la probabilidad de uso de la bicicleta y solo en los casos 3 y 6, la probabilidad de elegir bicicleta está en segundo lugar debido a que el costo del taxi es mayor \$2.5 y el tiempo de viaje no supera los 20 minutos.

3.2.6 MNL₆ PANDEMIA, ECONOMÍA Y CICLOVÍA

En este modelo se consideran las variables tiempo de viaje, costo de viaje, pandemia, economía y ciclovía para determinar cómo afecta la elección de un medio de transporte si se considera la presencia de COVID-19, los ingresos percibidos mensualmente y la existencia de una ciclovía.

$$V_1 = \beta_1 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_1 + \beta_{ECONOMIA} * ECONOMIA + \beta_{PANDEMIA} * PANDEMIA_1 + \varepsilon \quad [60]$$

$$V_2 = \beta_2 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_2 + \varepsilon \quad [61]$$

$$V_3 = \beta_3 + \beta_T * TV + \beta_C * COSTO_3 + \beta_{CICLOVIA} * CICLOVIA_3 + \varepsilon \quad [62]$$

Para el cálculo de las probabilidades se debe emplear las ecuaciones 42, 43 y 44, siguiendo el mismo procedimiento empleado en el MNL1.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-3.76	0.385	-9.77	0	0.393	-9.56	0
ASC_TAXI	-2.31	0.514	-4.5	6.8e-06	0.527	-4.39	1.15e-05
B_CICLOVIA	0.641	0.0718	8.94	0	0.0726	8.83	0
B_COSTO	-0.525	0.0807	-6.51	7.76e-11	0.0799	-6.57	5.01e-11
B_ECONOMIA	-0.527	0.0319	-16.5	0	0.0311	-16.9	0
B_PANDEMIA	-0.369	0.0619	-5.97	2.42e-09	0.0617	-5.99	2.16e-09
B_TIEMPO	-0.133	0.0288	-4.62	3.81e-06	0.0296	-4.5	6.9e-06

Ilustración 66. Parámetros estimados MNL5

ESCENARIO	ECONOMIA	PANDEMIA	CICLOVIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	SI	-4.9433	-4.9596	-5.1164	35.40%	34.83%	29.77%
2	SI	NO	SI	-4.6266	-5.2222	-5.1164	46.21%	25.47%	28.32%
3	SI	SI	NO	-4.9853	-5.4848	-5.7578	48.34%	29.33%	22.33%
4	SI	NO	NO	-5.1069	-5.4924	-6.4238	51.33%	34.91%	13.76%
5	SI	NO	SI	-5.1594	-5.7550	-5.7824	47.90%	26.41%	25.69%
6	SI	SI	SI	-5.5181	-6.0176	-5.7824	42.11%	25.56%	32.33%
7	SI	SI	SI	-5.8126	-6.0252	-6.4484	42.77%	34.58%	22.65%
8	SI	SI	NO	-5.8651	-6.2878	-7.0898	51.30%	33.62%	15.08%
9	SI	NO	SI	-5.6116	-6.5504	-6.4484	54.82%	21.44%	23.74%
						PROMEDIO	46.69%	29.57%	23.74%

Tabla 25. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL6

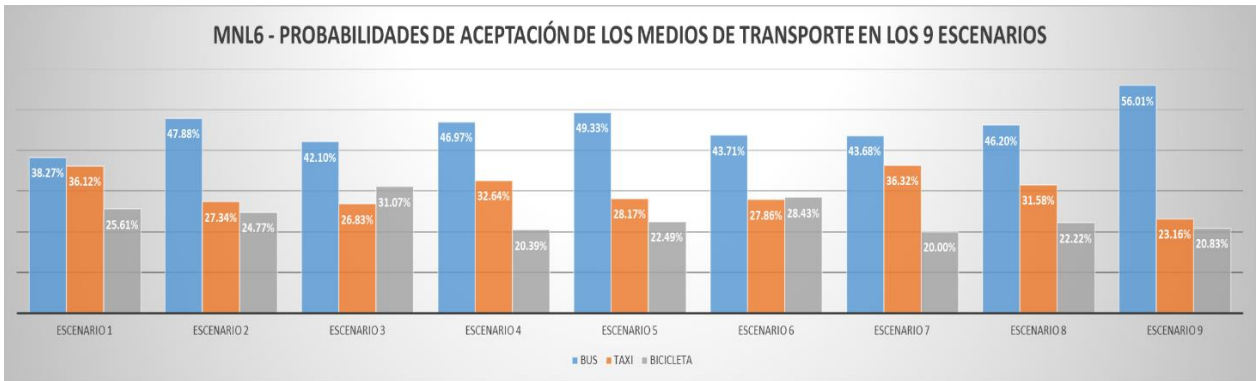


Ilustración 67. Probabilidades de aceptación del modelo MNL6 para los 9 escenarios.

Como se puede visualizar en la tabla 25 y la ilustración 67, en los casos 1, 2, 5, 6, 7 y 9 en donde se considera la presencia de una ciclovía, la probabilidad de uso de la bicicleta aumenta respecto al MNL5. El transporte de preferencia para los 9 casos es el bus con una probabilidad de elección promedio del 46.69%, seguido del taxi con 29.57% y la bicicleta 23.74%. En los casos 3, 4 y 8 en donde no se considera la existencia de una ciclovía la probabilidad de usar bus aumenta.

3.2.7 MNL_{7,1} PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y EDAD (15 – 30)

El modelo **MNL_{7,1}** considera las mismas variables del modelo 6, sin embargo, se disgrega la muestra de tal manera que BIOGEME solo analice las preferencias de las personas que tengan entre 15 y 30 años.

```

Out[15]: 5013

In [17]: 1
         2 globals().update(database.variables)
         3 exclude = (EDAD !=1)
         4 database.remove(exclude)
         5 database.getSampleSize()

Out[17]: 3402
  
```

Ilustración 68. Excluir muestra (15-30 años)

Si se considera todos los datos analizados existen 5013 datos como se visualiza en el gráfico 68, sin embargo, para que el programa solo considere a la población entre los 15 y 30 años de edad se lo puede hacer excluyendo la muestra con el código de la ilustración 68. en la base de datos las personas que tengan edad entre los 15 y 30 años están representados por el número 1 y las personas mayores a 30 años, están representadas por el numero 2 como se puede observar en la ilustración 69. Por tal motivo al colocar “exclude = (EDAD !=1), el programa solo analizará los 3402 casos pertenecientes al rango de edad 15-30 años.

	A	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	ID	EDAD	SEXO	ECONOMIA	CASO	bus_tv	bus_cost	ius_pandemi	taxi_tv	taxi_cost	axi_p
2	45	1	1	1	6	33	0.55	1	16	3	
3	45	1	1	1	5	33	0.45	0	16	2.5	
4	45	1	1	1	4	33	0.35	0	16	2	
5	45	1	1	1	3	29	0.55	1	12	3	
6	45	1	1	1	2	29	0.45	0	12	2.5	
7	45	1	1	1	1	29	0.35	1	12	2	
8	44	2	1	2	9	36	0.55	0	20	3	
9	44	2	1	2	8	36	0.45	1	20	2.5	
10	44	2	1	2	7	36	0.35	1	20	2	
11	44	2	1	2	6	33	0.55	1	16	3	
12	44	2	1	2	5	33	0.45	0	16	2.5	
13	44	2	1	2	4	33	0.35	0	16	2	

Ilustración 69. Variable edad, base de datos

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-4.19	0.455	-9.22	0	0.463	-9.05	0
ASC_TAXI	-2.63	0.608	-4.32	1.55e-05	0.619	-4.24	2.21e-05
B_CICLOVIA	0.73	0.0865	8.44	0	0.087	8.39	0
B_COSTO	-0.687	0.101	-6.79	1.13e-11	0.101	-6.81	1.01e-11
B_ECONOMIA	-0.462	0.0488	-9.46	0	0.0465	-9.93	0
B_PANDEMIA	-0.425	0.0733	-5.8	6.64e-09	0.0731	-5.82	5.91e-09
B_TIEMPO	-0.175	0.0339	-5.17	2.39e-07	0.0347	-5.05	4.47e-07

Ilustración 70. Parámetros estimados MNL7.1

ESCENARIO	ECONOMÍA	PANDEMIA	CICLOVIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	SI	-6.2024	-6.1008	-6.0441	30.50%	33.76%	35.73%
2	SI	NO	SI	-5.8459	-6.4442	-6.0441	42.20%	23.20%	34.61%
3	SI	SI	NO	-6.3397	-6.7876	-6.7743	43.73%	27.95%	28.32%
4	SI	NO	NO	-6.4772	-6.8008	-7.6493	49.18%	35.58%	15.23%
5	SI	NO	SI	-6.5459	-7.1442	-6.9191	44.68%	24.56%	30.76%
6	SI	SI	SI	-7.0397	-7.4876	-6.9191	36.14%	23.09%	40.77%
7	SI	SI	SI	-7.4274	-7.5008	-7.7941	38.14%	35.44%	26.43%
8	SI	SI	NO	-7.4961	-7.8442	-8.5243	48.46%	34.21%	17.33%
9	SI	NO	SI	-7.1395	-8.1876	-7.7941	53.47%	18.75%	27.79%
PROMEDIO							42.94%	28.50%	28.55%

Tabla 26. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL7.1

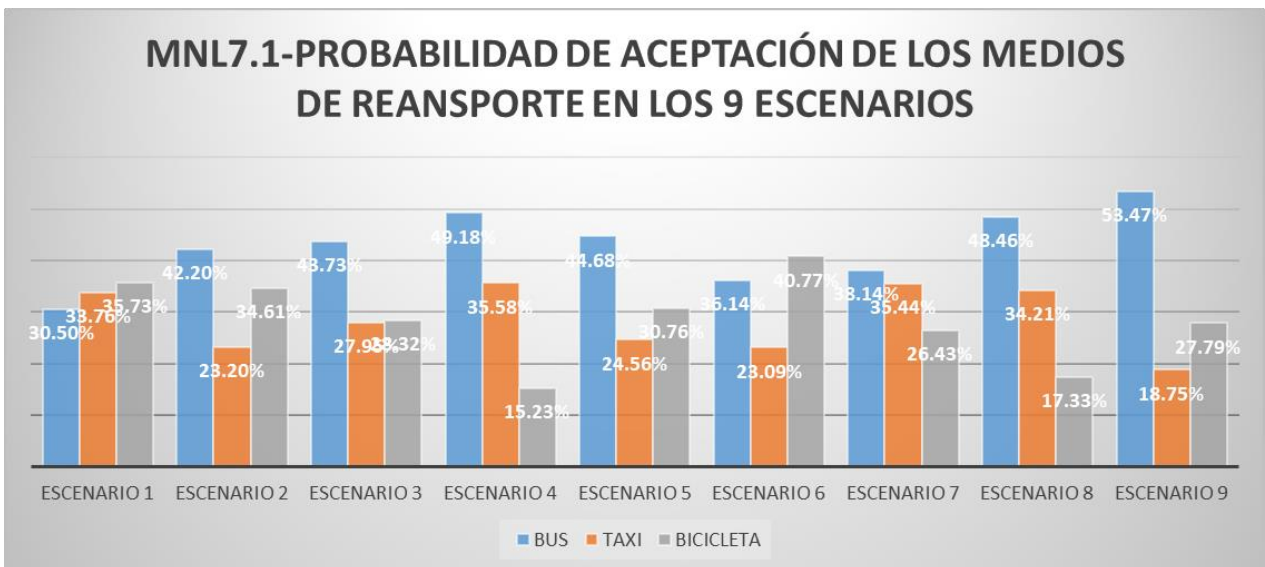


Ilustración 71. Probabilidades de aceptación del modelo MNL7.1 para los 9 escenarios

Como se puede visualizar en la tabla 26 y en la ilustración 71, al analizar a la población perteneciente al rango de edad entre los 15-30 años, podemos observar que la probabilidad de aceptación de la bicicleta como medio de transporte alternativo, incrementó considerablemente al comparar los resultados obtenidos en la tabla 25 e ilustración 67 del MNL6. Este incremento tiene congruencia con los resultados presentados en la ilustración 44 en donde se pudo ver que las

personas entre los 15 y 30 años tienen una mayor aceptación a la bicicleta en comparación a las personas mayores de 30 años.

3.2.8 MNL_{7.2} PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y EDAD (31-80)

Para el presente modelo al igual que MNL7.1, se analizan los datos cuando la variable EDAD toma el número 2, esto quiere decir que BIOGEME solo va a analizar las preferencias de las personas mayores a 30 años.

ESCENARIO	ECONOMÍA	PANDEMIA	CICLOVIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	SI	-1.7431	-2.4104	-2.9490	55.17%	28.31%	16.52%
2	SI	NO	SI	-1.5199	-2.5353	-2.9490	62.43%	22.62%	14.95%
3	SI	SI	NO	-1.7931	-2.6602	-3.4024	61.72%	25.93%	12.35%
4	SI	NO	NO	-1.5793	-2.4948	-3.5079	64.70%	25.90%	9.40%
5	SI	NO	SI	-1.6043	-2.6197	-3.0545	62.63%	22.69%	14.69%
6	SI	SI	SI	-1.8775	-2.7446	-3.0545	57.86%	24.31%	17.83%
7	SI	SI	SI	-1.8908	-2.5792	-3.1600	56.07%	28.17%	15.76%
8	SI	SI	NO	-1.9158	-2.7041	-3.6134	61.06%	27.76%	11.18%
9	SI	NO	SI	-1.6926	-2.8290	-3.1600	64.45%	20.69%	14.86%
PROMEDIO							60.68%	25.15%	14.17%

Tabla 27. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL7.2

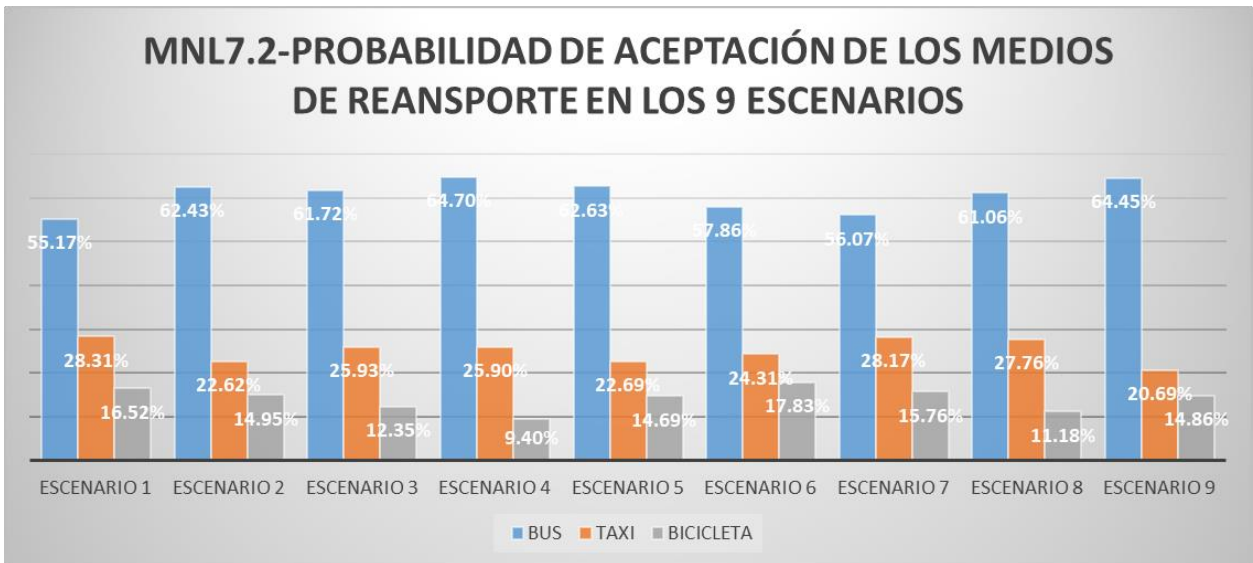


Ilustración 72. Probabilidades de aceptación del modelo MNL7.2 para los 9 escenarios

Las preferencias de elección de transporte para la población muestral mayor a treinta años es el bus para los 9 escenarios dando un promedio de 60.68%, seguido del taxi con un promedio de 25.15% y por último la bicicleta con un promedio de 14.17% de aceptación.

3.2.9 $MNL_{8,1}$ PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y SEXO MASCULINO

El modelo $MNL_{8,1}$ considera las mismas variables del modelo 6, sin embargo, se disgrega la muestra de tal manera que BIOGEME solo analice las preferencias de las personas que tengan sexo masculino.

Estimated parameters

Name	Value	Std err	t-test	p-value	Rob. Std err	Rob. t-test	Rob. p-value
ASC_BICICLETA	-5.17	0.508	-10.2	0	0.519	-9.97	0
ASC_TAXI	-4.14	0.686	-6.04	1.56e-09	0.698	-5.94	2.82e-09
B_CICLOVIA	0.679	0.0929	7.31	2.71e-13	0.0937	7.24	4.34e-13
B_COSTO	-0.837	0.12	-6.98	3.03e-12	0.12	-6.96	3.41e-12
B_ECONOMIA	-0.445	0.0494	-9.02	0	0.0502	-8.86	0
B_PANDEMIA	-0.293	0.0893	-3.28	0.00105	0.0891	-3.28	0.00102
B_TIEMPO	-0.288	0.0379	-7.6	2.89e-14	0.0387	-7.46	8.62e-14

Ilustración 73. Parámetros estimados $MNL_{8,1}$

ESCENARIO	ECONOMIA	PANDEMIA	CICLOVIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	SI	-9.3941	-9.2793	-8.8199	25.66%	28.78%	45.56%
2	SI	NO	SI	-9.1852	-9.6978	-8.8199	32.90%	19.70%	47.40%
3	SI	SI	NO	-9.5615	-10.1162	-9.4986	37.89%	21.76%	40.35%
4	SI	NO	NO	-10.2551	-10.4329	-10.9406	42.72%	35.76%	21.52%
5	SI	NO	SI	-10.3388	-10.8514	-10.2619	37.33%	22.36%	40.31%
6	SI	SI	SI	-10.7151	-11.2698	-10.2619	31.77%	18.24%	49.99%
7	SI	SI	SI	-11.4129	-11.5865	-11.7039	38.64%	32.48%	28.88%
8	SI	SI	NO	-11.4966	-12.0050	-12.3826	49.66%	29.87%	20.47%
9	SI	NO	SI	-11.2877	-12.4234	-11.7039	50.49%	16.22%	33.30%
PROMEDIO							38.56%	25.02%	36.42%

Tabla 28. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte $MNL_{8,1}$

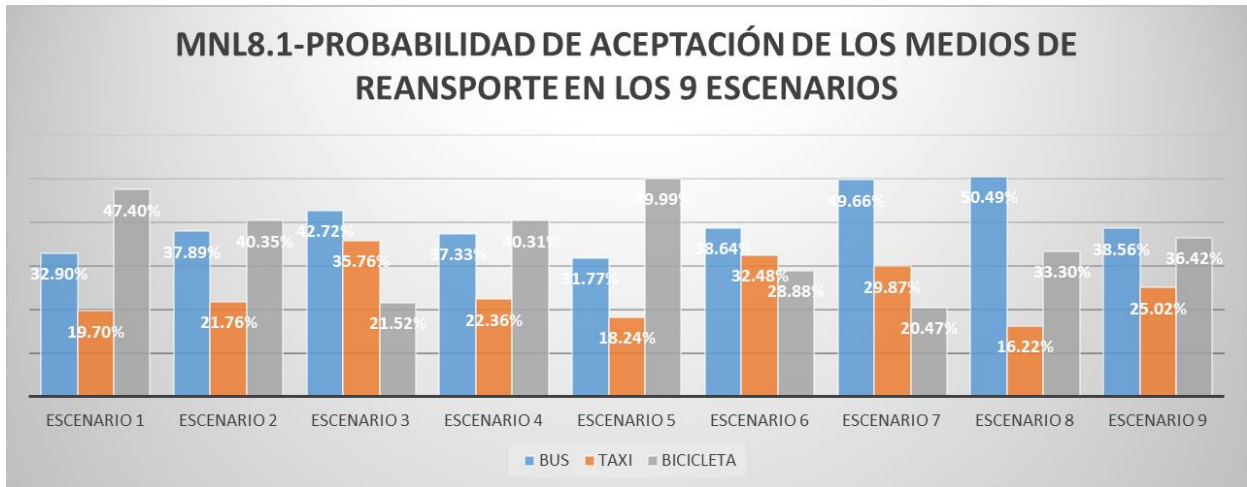


Ilustración 74. Probabilidades de aceptación del modelo MNL8.1 para los 9 escenarios

Como se puede visualizar en la tabla en la tabla 28, el transporte de preferencia de los hombres es el bus con una aceptación promedio de 38.56%, seguido de la bicicleta con un 36.42% y el taxi con un 25.02%. En escenarios en donde se plantea la existencia de una ciclovía y el tiempo de viaje no supra los 20 minutos, el transporte de preferencia de los hombres es la bicicleta en contexto de la pandemia COVID-19, ver ilustración 74.

3.2.10 MNL_{8.2} PANDEMIA, ECONOMÍA, CICLOVÍA Y SEXO FEMENINO

El modelo **MNL_{8.2}** considera las mismas variables del modelo 6, sin embargo, se disgrega la muestra de tal manera que BIOGEME solo analice las preferencias de las personas que tengan sexo femenino.

ESCENARIO	ECONOMIA	PANDEMIA	CICLOVIA	V1	V2	V3	P1	P2	P3
1	SI	SI	SI	1.6551	1.3462	0.3591	49.80%	36.57%	13.63%
2	SI	NO	SI	2.0773	1.2098	0.3591	62.52%	26.26%	11.22%
3	SI	SI	NO	1.6006	1.0734	-0.3363	57.66%	34.03%	8.31%
4	SI	NO	NO	2.5034	1.7450	0.1622	63.91%	29.94%	6.15%
5	SI	NO	SI	2.4761	1.6086	0.8576	61.80%	25.95%	12.25%
6	SI	SI	SI	1.9994	1.4722	0.8576	52.37%	30.91%	16.72%
7	SI	SI	SI	2.3530	2.1438	1.3561	45.87%	37.21%	16.93%
8	SI	SI	NO	2.3257	2.0074	0.6607	52.18%	37.95%	9.87%
9	SI	NO	SI	2.7480	1.8710	1.3561	60.07%	24.99%	14.93%
PROMEDIO							56.24%	31.54%	12.22%

Tabla 29. Cuadro de utilidades y probabilidades de aceptación para cada medio de transporte MNL8.2

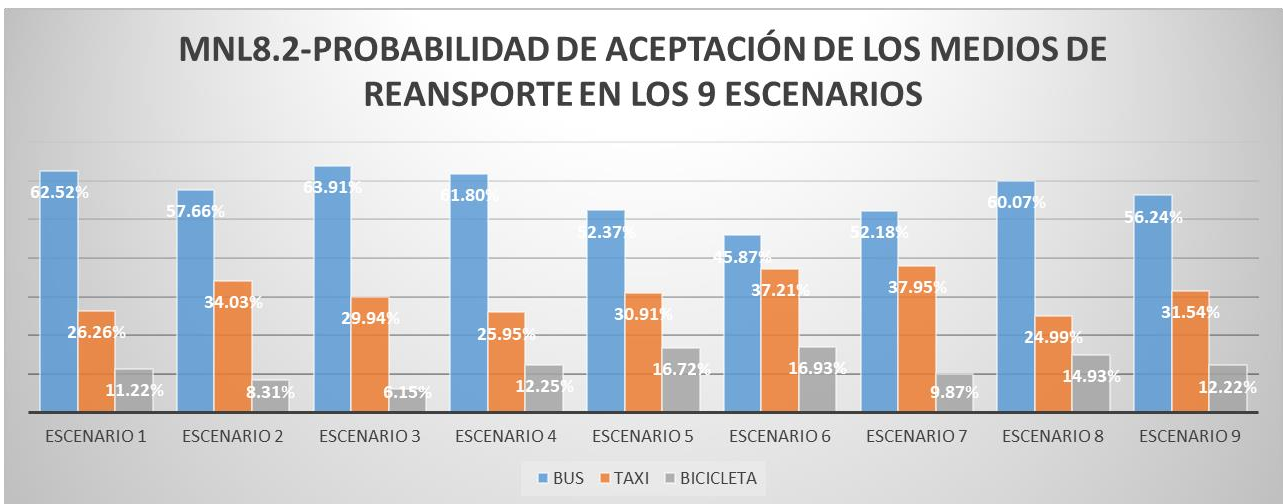


Ilustración 75. Probabilidades de aceptación del modelo MNL8.2 para los 9 escenarios

Como se puede visualizar en la tabla en la tabla 29, al analizar el transporte de preferencia de las mujeres es el bus con una aceptación promedio de 56.24%, seguido del taxi con un 31.54% y la bicicleta con un con un 12.22%. Como se puede ver en la ilustración 75, las mujeres prefieren utilizar como transporte seguro al taxi en vez de la bicicleta.

3.3 VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO

El valor subjetivo del tiempo es la disponibilidad de las personas a pagar por cada minuto de tiempo ahorrado. Los modelos Logit Multinomial que se ejecutaron en BIOGEME nos permiten también calcular el valor subjetivo del tiempo (VST). De acuerdo con Mc Fadden, el VST corresponde a la tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje y el costo del viaje.

$$VST = \frac{\partial V / \partial t}{\partial V / \partial c} \quad [63]$$

Visto de una manera más simplificada el VST lo podemos obtener con la siguiente expresión:

$$VST = \frac{\beta_T}{\beta_C} \quad [64]$$

Los valores de β_T y β_C se los obtiene al ejecutar el modelo en el programa BIOGEME.

3.3.1 Cálculo del valor subjetivo del tiempo

Los valores de β_T y β_C , (B_TIEMPO, B_COSTO), se los toma de la tabla 30. El cálculo del valor subjetivo del tiempo se lo realizará para cada modelo empleando la ecuación 64.

$$VST_1 = \frac{\beta_T}{\beta_C}$$

A continuación, se presenta el cálculo del VST para los modelos Logit multimodal del 1 al 8.2.

MODELO	Bt	Bc	Bt/Bc
	min	\$	\$/min
MNL1	-0.115	-0.495	0.23
MNL2	-0.122	-0.487	0.25
MNL3	-0.119	-0.505	0.24
MNL4	-0.119	-0.5	0.24
MNL5	-0.126	-0.491	0.26
MNL6	-0.133	-0.527	0.25
MNL7.1	-0.175	-0.6865	0.25
MNL7.2	-0.02111	-0.2498	0.08
MNL8.1	-0.2884	-0.8369	0.34
MNL8.2	-0.0997	-0.2728	0.37

Tabla 30. Valor subjetivo del tiempo

Cabe recalcar que el objetivo del presente trabajo de investigación es determinar la probabilidad de aceptación de la bicicleta como medio de transporte alternativo y las variables planteadas para la realización de la encuesta permite obtener información que responda a este fin. Si el objetivo principal fuese la obtención del valor subjetivo del tiempo se debería pensar en variables relacionadas con este propósito. Los cálculos obtenidos en el presente trabajo de titulación demuestran la facilidad de calcular el valor subjetivo del tiempo con la información proporcionada por BIOGEME.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- Una vez calibradas las encuestas de preferencias declaradas y reveladas para su uso en BIOGEME; según el modelo MNL6, donde se analizan variables como el tiempo, costo, pandemia ingresos percibidos mensualmente y ciclovía, para los 9 escenarios estudiados, la probabilidad de aceptación del uso de la bicicleta es de 23.74%, siendo el bus el medio de transporte de preferencia con un 46.69%, seguido del taxi con un 29.57%.

- Empleando la fórmula de Kotler y Armstrong con un tamaño de población de 54125 personas, un valor de z de 2.33 y un margen de error correspondiente al 5% da como resultado una muestra de 557 personas con un nivel de confianza del 98%, la muestra corresponde al sector financiero de Quito.
- Para que los resultados sean compatibles con el software BIOGEME se empleó el diseño experimental de Kocur para la elaboración de las encuestas de preferencias declaradas permitiendo que exista ortogonalidad entre los datos obtenidos y evitar el sesgo, los cuales se encuentran debidamente ordenados y se los cargó en una base de datos (BDBIOGEME) de acuerdo con diseño experimental 44 a. La base de datos se guardó en formato .csv y .dat para que sea compatible con BIOGEME.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en BIOGEME para el modelo MNL5 se considera las variables costo, tiempo, economía y pandemia, el cual representa un escenario más cercano al actual, la probabilidad de aceptación de la bicicleta como medio de transporte alternativo fue del 23.98%, este porcentaje es considerable, teniendo en cuenta que de las 557 encuestas el 67.86% corresponden a personas que se encuentran dentro del rango de edad 15 a 30 años, el cual es el grupo que muestra un mayor interés en utilizar la bicicleta como medio de transporte alternativo para movilizarse por el sector financiero de QUITO. Como se puede ver en la ilustración 44, del 28.65% de aceptación de la bicicleta, el 20.21% corresponde al grupo que con una edad entre los 15 y 30 años y el 8.44% restante corresponde a personas mayores de 30 años.

- El MNL 4 se enfocó en la obtención de la probabilidad de aceptación tomando en cuenta la variable economía la cual tiene 4 clasificaciones correspondientes al ingreso mensual percibido por la población (\$0-\$400, \$401-\$800, \$801-\$1200 y más de \$1200). Bajo estas condiciones al existir una población del 48% que percibe ingresos mensuales hasta los \$400, se determinó que el transporte de preferencia para circular por el sector financiero de Quito es el Bus, con una probabilidad de aceptación del 46%, seguido del taxi con un 30.02% y la bicicleta con un 23.98%. La variable economía es una de las más influyentes al momento de la toma de decisiones por parte de los encuestados e influye en los modelos posteriores.
- Los resultados obtenidos en las gráficas 43, 44, 45 nos brindan información sobre las tendencias que podrían tener la población hacia un medio de transporte en particular. Sin embargo, al considerar varias variables y modelarlas en una función de utilidad nos permite visualizar que estas variables influyen en la probabilidad de elección de un medio de transporte, si nos enfocamos en modelos simples como el MNL1 al MNL4 donde cada variable se analiza por separado (PANDEMIA, CICLOVÍA Y ECONOMÍA), tiene una influencia directa en la elección de un medio de transporte, esto no quiere decir que los resultados obtenidos en dichos modelos sean definitivos. Para que estos resultados se acerquen más al comportamiento real de la población se debe generar modelos más complejos en los cuales intervienen todas estas variables como el MNL5 y MNL6 en el cual se considera a toda la población muestral y las variables más influyentes. Adicionalmente, si se requiere obtener resultados más específicos como la preferencia de una alternativa en función de la edad o del sexo se

puede realizar análisis similares a los realizados en los MNL7.1, MNL7.2, MNL8.1, MNL8.2.

- Al realizar estudios de máxima verosimilitud dentro de la rama de la econometría, podemos predecir la aceptación y el valor subjetivo del tiempo en transportes que se deseen incorporar a futuro, con la ayuda de instrumentos de investigación como lo son las encuestas de preferencias declaradas. Lo cual nos permite, mediante modelos desagregados de elección discreta, como lo es el MNL, obtener la aceptación del medio de transporte por parte de la población.

4.2 RECOMENDACIONES

- Ya que los errores en la ejecución de las encuestas o en la base de datos demanda mucho tiempo y esfuerzo en ser detectados y corregidos, se recomienda una adecuada explicación de cómo realizar las encuestas y cargar los resultados. Las personas a cargo del proyecto deben realizar una adecuada supervisión y análisis constante de la información que se está obteniendo de las encuestas. Debe existir una comunicación constante entre las personas a cargo del proyecto y las personas encargadas de realizar las encuestas para solventar dudas y evitar posibles errores.
- Quito es una ciudad que tiene problemas de tránsito debido a que existe una elevada densidad de vehículos privados circulando, estos vehículos en su mayoría emiten gases tóxicos como el CO₂ que son perjudiciales para el ser humano y el planeta, por tal motivo es recomendable analizar la implementación de transportes amigables con el medio ambiente similares a la bicicleta.

- Se recomienda seguir realizando estudios de demanda de transporte empleando econometría y programas como BIOGEME que en la actualidad permiten analizar modelos más complejos e incluso incorporar variables latentes relacionadas con la psicología de las personas como lo es la percepción de la seguridad y el confort al momento de elegir un transporte. Este tipo de estudios son capaces de simular el comportamiento real de la población en la toma de decisiones y pueden prevenir que se ejecuten proyectos que a la larga generen pérdidas económicas para el estado.
- Esta investigación puede ser un primer paso para que en futuros trabajos se puedan analizar variables como el pico y placa, implementación de peajes, ocupación mínima de vehículos e incluso si nos salimos de la rama de la ingeniería de transportes, permiten solventar dudas como la incorporación de una nueva carrera o maestría en la universidad, o la aceptación de cualquier producto que desee venderse a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcay, A. O. (Abril de 2005). *Modelos de elección discreta en transportes con coeficientes aleatorios*. Obtenido de http://caminos.udc.es/grupos/ferroca/orro/documentos/tesis_orro_final.pdf
- Bierlaire, M. (8 de Marzo de 2009). *Estimation of discrete choice models with BIOGEME 1.8*. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.110.8352&rep=rep1&type=pdf>
- Bierlaire, M. (25 de Septiembre de 2017). *Calculating indicators with Biogeme*. Obtenido de <https://infoscience.epfl.ch/record/231760/files/berne2017.pdf>
- Bierlaire, M. (2018). *BIOGEME*. Obtenido de <https://biogeme.epfl.ch/>

- Bierlaire, M. (2020). *Introduction to behavior modeling*. Lausanne: EPA.
- Kocur, G. (1982). *GUIDE TO FORECASTING TRAVEL DEMAND WITH DIRECT UTILITY ASSESSMENT*. HANOVER, NH 03755: NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE .
- MONTOYA, J. (14 de Diciembre de 2014). *MODELACIÓN BASADA EN TOURS PARA DETERMINAR LA DEMANDA DE VIAJES DE PERSONAS APLICADA A UN SECTOR DEL VALLE DE ABURRÁ*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/12469/1/71376165.2014.pdf>
- Murray, S. (2009). *Estadística Schuam*. Ciudad de México : Schuam .
- OMS. (2019). *Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. Obtenido de <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses#:~:text=sintomas>
- Ortuzár, J. d. (2008). *Modelos de Transporte*. Madrid, España: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- Ortúzar, J. d. (2008). *Modelos de transporte*. Madrid: PubliCan.
- Ortuzar, J. d. (2016). *COURSERA*. Obtenido de <https://www.coursera.org/learn/demanda-de-transporte#instructors>
- Pineda, J. (2013). *Modelo de elección de modo de transporte carretera y ferrocarril para carga general susceptible a exportación-importación*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/301821904>
- Quito, E. P. (20 de Julio de 2018). *Actualización del modelo de demanda del distrito metropolitano de Quito (MD17)*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administraci%C3%B3n%202019-

2023/Comisiones%20del%20Concejo%20Metropolitano/Movilidad/2020/2020-11-
20/1.%20Documentos%20para%20tratamiento/2.%20Punto/SM/850_producto_3_v04.pd
f

Train, K. (2014). Modelos de elección discreta con simulación. En K. Train, *Modelos de elección discreta con simulación* (pág. 23). California.

Willumsen, J. d. (2008). *Modelos de Transporte*. Madrid: PubliCan.

ANEXOS

ANÁLISIS DE DEMANDA DE TRANSPORTE

Encuesta de preferencias reveladas

***Obligatorio**

1. Nombre y Apellido *

2. Edad *

3. Sexo *

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

4. Ingresos que percibe al terminar el mes

Marca solo un óvalo.

0 - 400 \$

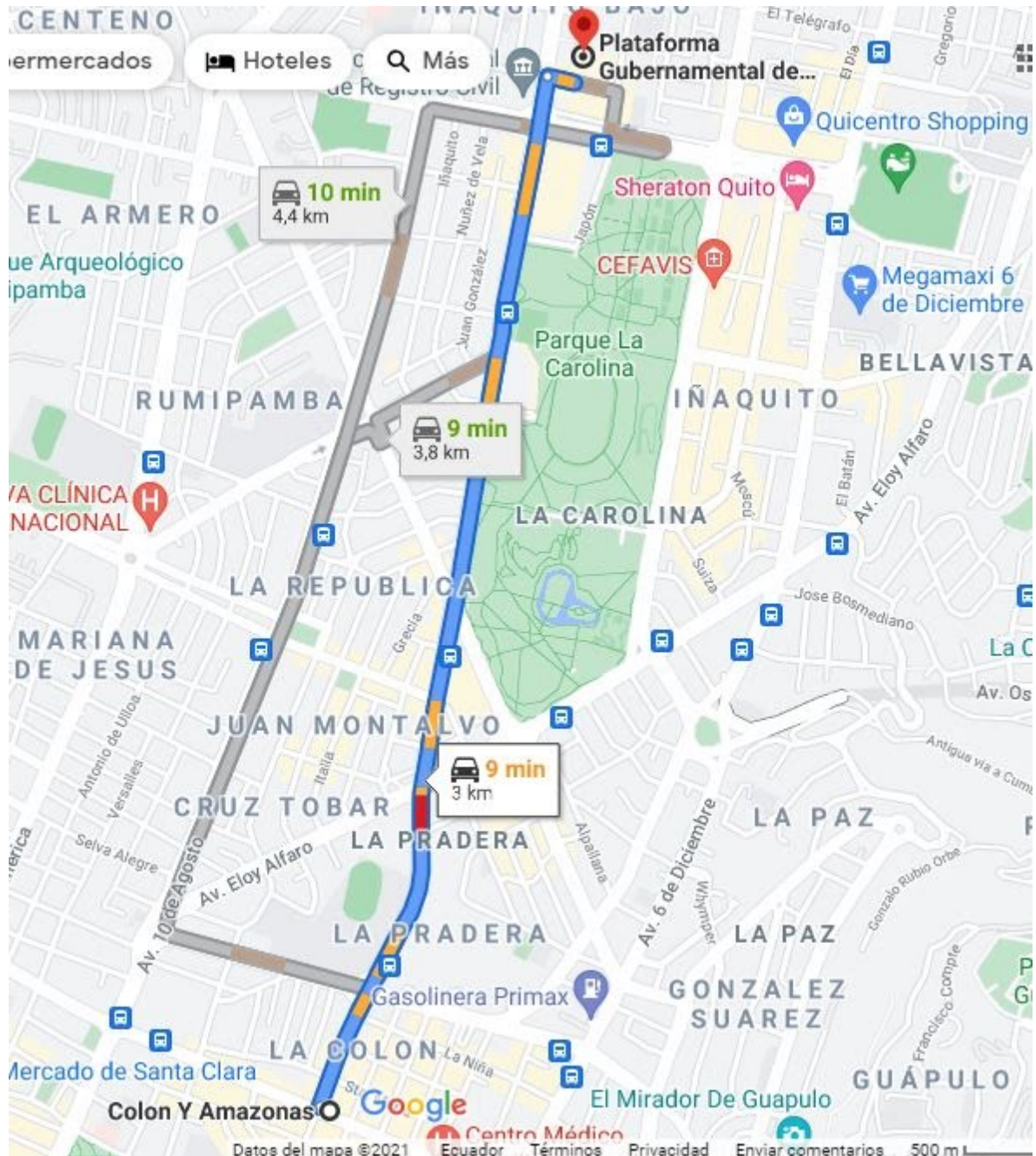
401 - 800 \$

801 - 1200 \$








más de 1200 \$

Análisis de demanda de transporte

Suponga que usted se va a movilizar en esta ruta que corresponde al sector financiero de Quito, desde la Av. Colón hasta la Plataforma Gubernamental. Tomando el siguiente mapa en cuenta seleccione el modo de transporte que usted utilizaría para movilizarse,



5. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *




ESCENARIO 1	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

6. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *








ESCENARIO 2	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

7. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *

ESCENARIO 3	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	29 minutos	12 minutos	15 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

8. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *

ESCENARIO 4	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

9. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *








ESCENARIO 5	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

10. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *








ESCENARIO 6	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	33 minutos	16 minutos	20 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

11. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *








ESCENARIO 7	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.35	\$2.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

12. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *

ESCENARIO 8	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.45	\$2.50	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	SI	SI	SI
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	NO

Marca solo un óvalo por fila.

BUS TAXI BICICLETA

TIPO DE TRANSPORTE

13. Con la información que se presenta en la siguiente tabla, escoja el medio de transporte que usted utilizaría para movilizarse. *

ESCENARIO 9	BUS	TAXI	BICICLETA
			
TIEMPO QUE DEMORA EL VIAJE 	36 minutos	20 minutos	25 minutos
COSTO DEL VIAJE 	\$0.55	\$3.00	\$0.00
SE CONSIDERA QUE ESTAMOS EN PANDEMIA? 	NO	NO	NO
EXISTE UNA CICLOVIA PARA EL TIPO DE TRANSPORTE? 	-	-	SI

Marca solo un óvalo por fila.

	BUS	TAXI	BICICLETA
TIPO DE TRANSPORTE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Firma

Gracias por su tiempo