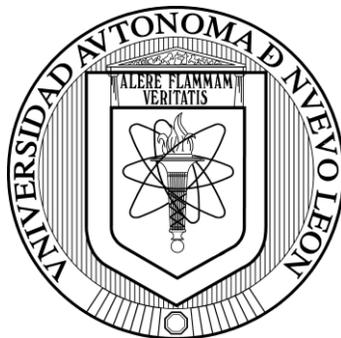


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ECONOMÍA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**PATRONES DE MOVILIDAD Y FORMA URBANA DEL ÁREA  
METROPOLITANA DE MONTERREY**

**Por**

**GUILLERMO ANDRÉS VILLAGRA FUENTES**

**Tesis presentada como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestría en Economía con  
Especialidad en Economía Industrial**

**FEBRERO 2016**

# ***Patrones de movilidad y forma urbana del área metropolitana de Monterrey.***

**Alumno:** Guillermo Andrés Villagra Fuentes

**Tutor:** M.C. Raymundo Galán González

---

M.C Raymundo Galán González

**“PATRONES DE MOVILIDAD Y FORMA URBANA DEL ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY”**

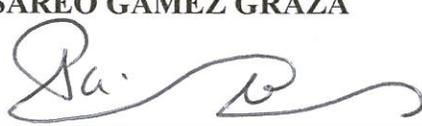
*Guillermo Andrés Villagra Fuentes*

**Aprobación de Tesis:**

**Asesor de la Tesis**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ RAYMUNDO GALÁN GONZÁLEZ**

\_\_\_\_\_  
**DR. CESÁREO GÁMEZ GRAZA**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. PEDRO ANTONIO VILLEZCA BECERRA**

**DR. PEDRO ANTONIO VILLEZCA BECERRA**  
Director de la División de Estudios de Posgrado  
De la Facultad de Economía, UANL  
Febrero, 2016.



## Índice

Introducción	3
Marco Teórico	7
Modelo de elección discreta o cualitativa	7
Teoría de la demanda individual	8
Determinar la demanda individual	8
Maximización de la utilidad	10
El tratamiento del tiempo	12
La teoría de la utilidad aleatoria	13
Modelo econométrico de elección discreta	13
Modelo Logit y Probit	14
Modelo de elección modal	15
Forma Urbana	17
Modelo Monocéntrico	18
Preguntas	19
Objetivo	19
Hipótesis	19
Antecedentes	21
Datos	22
Estadísticas descriptivas	22
Principales estudios	24
Estimación	27
Estimación del modelo de elección modal	32
Estimación de las elasticidades de elección modal	36
Considerando las elasticidades del tiempo de viaje	40

Escenarios	41
Incremento del precio del combustible	43
Disminución de los tiempos de viaje, a pie y de espera	44
Conclusiones	47
Bibliografía	50

## Introducción

En el área metropolitana de Monterrey (AMM) actualmente habitan alrededor de 4 millones de personas que hacen 8.2 millones de viajes urbanos por día, cuya longitud y velocidad promedian 15 km y 23 km/hr. De ellos, el 44% se hacen en el transporte público<sup>1</sup>.

Debido al rápido crecimiento de la población, la baja calidad del transporte público y la disminución de los precios de los coches, se ha generado un incremento notable en el número de vehículos en circulación que, de acuerdo a las proyecciones, hacia el año 2020 puede llegar a los 2,500,000<sup>2</sup>.

La distancia entre el trabajo y del lugar de residencia es cada vez más grande, siendo esto una de las causas principales de la mayor movilidad observada.

La distribución de los viajes entre los distintos modos de transporte, denota que en los últimos 5 años el auto ha incrementado su participación en un 20% en contra del transporte público.

Según los niveles de saturación que se modelaron en el año 2000 para proyectarlos hacia el 2020, aumentar la capacidad vial implicaría obras por más de 7 mil millones de dólares, monto que es poco probable que se pueda invertir en los próximos años.

Al crecimiento desproporcionado del número de autos, se suma la poca eficiente estructura del Sistema de Transporte Urbano, que sigue un patrón concéntrico adecuado a 1967, cuando la ciudad contaba con poco más de un millón de habitantes y el 60% de los viajes tenía por destino el centro de la ciudad. En la actualidad, la ciudad está cuatro veces más poblada y sigue teniendo un sistema radial es decir, que la mayor cantidad de viajes pasan por el centro, producto más de la necesidad de captar mayor cantidad viajes que de la eficiencia.

Uno de los factores que explican el aumento de la demanda del transporte y la evolución de su patrón, es el cambio que se produce en la forma urbana, la cual se define como la configuración espacial de las actividades de carácter laboral y residencial dentro de un entorno metropolitano (Asensio, 1999).

En la AMM el crecimiento del desarrollo urbano es de carácter eminentemente horizontal, obligando a los habitantes a realizar cada vez más grandes recorridos.

---

<sup>1</sup> Fuente: Origen-Destino 2005.

<sup>2</sup> Fuente: INEGI con datos de la Tesorería del Estado y el Instituto de Control vehicular.

Uno de los factores a analizar microeconómicamente en el presente estudio, son las decisiones de localización en el área metropolitana, para con ello determinar cuál es la relación entre demanda de transporte y la forma urbana. Esta relación se origina a partir del trabajo de Alonso(1964), quien plantea el caso de una ciudad en la que todo el empleo se concentra en un único lugar, llamado CBD (*Central Business District*), a la cual deben acceder todos los individuos desde sus lugares de residencia. Dada la separación espacial entre hogar y empleo, el transporte juega un papel especialmente relevante en este tipo de modelos.

En su análisis se determina un *trade off* entre la plusvalía de los terrenos y el costo de transporte, es decir, existe mayor posibilidad de que las personas adquieran terrenos más grandes al estar más alejados del CBD, lo que traerá un incremento de los costos de transporte que dicha distancia genera.

A diferencia de otros estudios de elección modal que se han hecho para Monterrey, Kain y El-Hifnawi (1994) y Galan (2004), en la presente tesis se incorporarán 3 variables de *forma urbana*: 1) *Densidad*, 2) *Especialidad* (Trabajadores por Ageb/tamaño Ageb) y 3) *Distancia al centro*. Con esto se verá si las políticas de transporte son coherentes con la evolución urbanística que ha tenido la ciudad.

Para determinar las distancias, se dividió el AMM en 300 AGEB (área geoestadística básica) y considere de la encuestas origen-destino a estudiar, sus destinos finales. Con el programa ArcGis de georreferenciación, desarrolle una matriz de distancias. Esta matriz la incluí en las variables de distancia de mi regresión y así obtener los costos de viajes tanto en coche como en bus.

Se utilizarán herramientas económicas como la elasticidad para poder cuantificar las sensibilidades más grandes que tienen los usuarios a diferentes cambios, como costos o tiempo; y si los factores de forma urbana son significativos ante la elección modal.

Así mismo, se verificará, con análisis económicos si el “Plan sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030” desarrollado por la Agencia Estatal del Transporte y el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad, puede ser factible, principalmente en el aumento del uso del transporte público.

Para el estudio se considerará solo un elemento del transporte público: el camión urbano. Dejaremos fuera al metro pues únicamente involucra el 1.5% de los viajes.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Fuente: Origen-Destino 2005.

Las preguntas que guían esta investigación son:

1. ¿Cuáles son los factores determinantes en la elección modal de tomar el coche o bus en el AMM?
2. ¿Dentro de estos factores, cual es el que tienen mayor influencia en la elección modal?
3. ¿La densidad de población y de trabajadores influye significativamente en la elección modal del AMM?
4. ¿Es el centro del AMM un CDB, el cual concentra todos los viajes por trabajo?

El objetivo es determinar la significancia y la sensibilidad de las variables de tiempo, costo, densidad, distancia, edad y educación, en la elección del medio de transporte en el AMM. Se desarrollará mediante el análisis econométrico y de elasticidades

### **Hipótesis**

Los determinantes de tiempo y costo son esenciales en la elección modal de elegir coche o camiones urbanos, porque para las personas el tiempo que transcurren arriba de los camiones urbanos o manejando es esencial para su trabajo o vida personal. Además el costo de la gasolina y del pasaje en camiones, influyen notablemente en esta decisión.

Sumado a las variables anteriormente descritas, son fundamentales también las variables de distancia del lugar donde vive a su trabajo, densidad poblacional del sector donde vive y si esa población es de trabajadores. Como proxy de su ingreso podemos considerar las variables de edad y su nivel educativo.

El costo y el tiempo de traslado son factores determinantes para el aumento en la preferencia de transporte privado sobre transporte público durante los últimos años en el AMM. En la medida que se reduzca el tiempo y las tarifas del transporte público, incrementará la elección de éste sobre el auto particular.

Existen sectores con altos índices de densidad poblacional y sobre todo de trabajadores, estas personas preferirán el transporte público por sobre el coche.

Pero si esas distancias son más grandes en relación a su destino estos preferirán el coche.

El transporte público del AMM desarrolló sus rutas de camiones en forma concéntrica, es decir que todo el transporte pasa por el centro, esto más que nada, debido a que anteriormente el centro de Monterrey concentraba la mayor fuente de trabajo y de servicios. Es decir, era un verdadero CDB (*Central Business District*). Actualmente, el centro de Monterrey, sigue concentrando el paso de un gran número de líneas de camiones, pero ya no es un CDB, sino solo un distrito de transbordo.

La presente Tesis se dividirá en doce apartados. El primero es la Introducción y motivación, en la cual hago un pequeño resumen de lo que el lector encontrará.

En apartado segundo, Marco teórico, se hace un revisión teórica y empírica de los diferentes modelos de elección modal y de forma urbana, los cuales serán los utilizados para explicar el caso de Monterrey y su Área Metropolitana. Se analizaron los fundamentos básicos sobre la teoría de los Modelos de Elección Aleatoria (elección modal) y de la teoría de Nueva Economía urbana. En ambos casos, se compaginarán con la teoría económica de la Maximización de la Utilidad del Consumidor, así como la modelización microeconómica de las decisiones de localización en un área urbana. Ambas herramientas serán aplicadas en el caso de los problemas del transporte, observando: 1) los determinantes que conducen a que un trabajador decida o no utilizar un medio de transporte en particular para ir al trabajo, 2) que la forma urbana de la ciudad influye directamente en la demanda, tiempos y costo del transporte.

.En el tercer apartado, se hace una breve descripción de la AMM, tanto su crecimiento poblacional como en el número de vehículos, así como una explicación de sistema de transporte público existente y de las posibles consecuencias que afectarían a la ciudad de seguir esta tendencia.

Después, se exponen las diferentes literaturas y estudios que hay al respecto., específicamente de la teoría de *Elección Modal* y de la *Nueva Economía Urbana*, es decir de las teorías de forma urbana. Además de incorporar los estudios que hay de elección modal para AMM.

En el cuarto apartado, se encuentra descrita la Base de Datos: la encuesta origen-destino, realizada el año 2005 por el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad y la Agencia Estatal del Transporte de Nuevo León, donde se analizó la elección modal y los datos descritos en el análisis de forma urbana.

En el quinto apartado se hace una revisión empírica y metodológica, sobre los principales estudios relacionados. En los primeros destacan de McFadden( 1975, 1977, 1981), Matas (1990), Kain y El- Hifnawi (1994), Asensio (1999, 2002) y Galán (2004). Para el segundo el de Alonso (1964), Muth (1969), Mills(1972) y Brueckner(1987).

En el apartado sexto se desarrolló el análisis econométrico en base a un Probit binario, considerando cinco supuestos: a) Localización de residencia y trabajo dados, b) número de viajes fijos, c) solo los viajes de ida, d) usuarios no cautivos del transporte público y e) usualmente viajes al trabajo.

Por último, en el apartado séptimo, se estiman las elasticidades para el modelo de elección modal, incorporando las tres variables de forma urbana y se calculan los valores del tiempo de los usuarios, comparando sus resultados por modo de transporte y valorándolos por etapa del viaje (tiempo a pie, espera y viaje). Para terminar determinando escenarios posibles antes cambios de tiempo y costos.

## Marco Teórico

### *Modelo de elección discreta o cualitativa*

Los primeros estudios de Modelo de elección discreta o cualitativa estuvieron basados en compartimientos agregados es decir, en variables continuas. Pero a través del tiempo han cambiado y se han implementado con más fuerza los modelos de distribución de carácter no continuo, los cuales han sido aplicados a multitud de decisiones de carácter microeconómico en la que modeliza una decisión consistente de tomar o no una decisión.

Según Amemiya (1990) el aumento experimentado en su uso se debe a tres razones: estos modelos resultan apropiados para el estudio de decisiones que afectan a nivel microeconómico, la creciente disponibilidad de datos desagregados y, no menos importante, las tecnologías computacionales han facilitados la estimación de los coeficientes.

Las ventajas comparativas con el de variables continuas son: variabilidad de los atributos de los distintos modos y una mayor fundamentación de los supuestos teóricos sobre el comportamiento de los individuos.

Todo modelo de elección se basa en alguna teoría referida a la forma en que los individuos toman sus decisiones. La teoría se ve modificada al ser aplicada a situaciones en las que la elección se realiza entre alternativas discretas.

Es por eso que los modelos de respuesta cualitativa o elección discreta nos ofrecen un marco analítico adecuado para estudiar el comportamiento individual cuando se enfrentan a decisiones discretas como la elección del medio de transporte. La posibilidad de trabajar con datos individuales – y no agregados como ocurre en el resto de las funciones de demanda – evita una pérdida de información y permite estimar de forma más eficiente y sin sesgo las valoraciones de los cambios en la oferta de transporte, y es a partir de estas diferencias que surgen modelos como los Logit y Probit.

## *Teoría de la demanda individual*

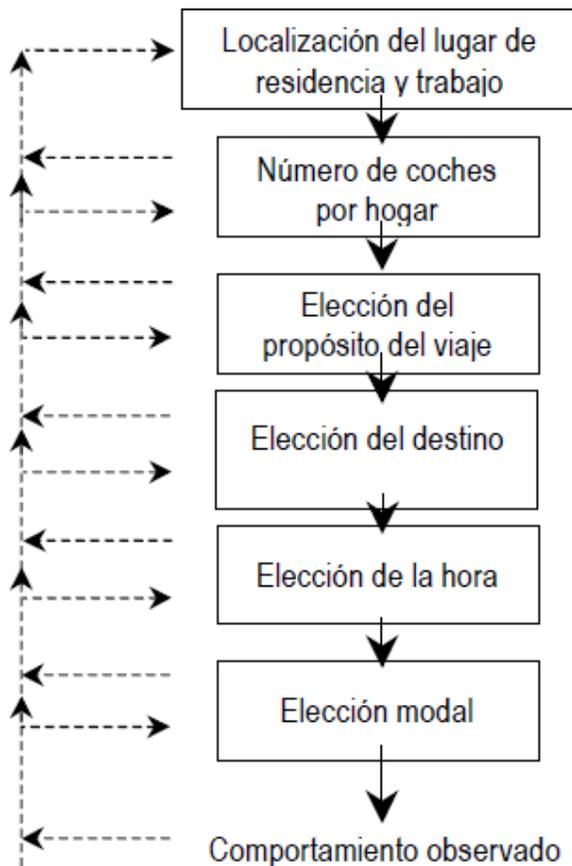
### Determinar la demanda individual

Una demanda individual puede ser difícil de estructurar por el hecho que el comportamiento de una persona puede ser el resultado de múltiples decisiones. Es decir, el comportamiento de un individuo puede estar determinado por el lugar de residencia o el lugar de trabajo, propósito del viaje, número de coches por hogar, ingresos, etc. Tomando tantas variables es muy fácil perder el control en el análisis empírico.

Producto de lo anterior, se puede determinar que es muy complejo estimar una demanda en esos niveles, es por eso que se divide en componentes de decisión – modo, hora, destino, etc.-, de este modo la demanda ya se puede cuantificar y es determinado.

A inicio de la década de los 70 Mc Fadden desarrolló una teoría de la utilidad aleatoria que le permitió derivar un modelo de elección discreta para la demanda del transporte, considerando en ella variables como lugar de residencia o trabajo, número de coches por hogar, ingresos, etc. Algunas de estas variables pueden estar relacionadas entre sí, de modo que la demanda puede estar concentrada en una cuestión determinada.

Domencich y McFadden (1975) presentan el siguiente diagrama:



Fuente: Domencich y McFadden (1975)

En su libro “Urban Travel Demand: A Behavioral Analysis” de 1975, Domencich y Mc Fadden proponen un ejemplo para explicar de forma más sencilla las relaciones de las variables discretas: “si se fuera hacer un viaje de ida y vuelta de tu casa a un destino  $\gamma$ , a una hora  $\beta$ , un día  $\pi$ , ¿qué modo se utilizaría?, la hipótesis dice que la respuesta solo depende de los atributos de los modos disponibles, y es independiente de la hora, destino y frecuencia. Con lo cual podemos observar que para un propósito determinado, la elección de un modo depende la comparación de los tiempos y costos de viajes entre los diferentes modos; mientras que la valoración de un minuto de tiempo de viaje será independiente de cuanto y donde se ha hecho el viaje, o su frecuencia; también se pate del supuesto que los resto de los precios en la economía es independiente de las decisiones; sin embargo, si podemos esperar que la respuesta dependa de las características socioeconómicas del individuo”.

Todo esto va ayudar cuando lo simplifiquemos y bajemos los requerimientos de la información, y así, hacer más fácil la elección de un modo de viaje.

## Maximización de la Utilidad

Mc Fadden (1981) generaliza el resultado a cualquier decisión discreta y da las condiciones suficientes para este tipo de modelos sean consistentes con la maximización de la utilidad. A continuación se expone brevemente el modelo econométrico utilizado y planteado por McFadden (1981).

El problema de maximización original define la utilidad aleatoria de un individuo, deriva del consumo de un bien,  $x$ , y la elección de una alternativa discreta,  $i$ , que vienen caracterizada por un vector de atributos,  $w$ , sujeto a una restricción presupuestaria:

$$\begin{aligned} & \text{Max } U(x, w, i, u) \\ & \text{s. a } rx + c_i \leq y \\ & i \in B \end{aligned}$$

Dónde:

$B$  es el conjunto de alternativa factibles

$r$  es el precio del bien  $x$

$C_i$  es el costo de la alternativa  $i$

$y$  es el nivel de renta

$u$  es el termino estocástico

Este último término se puede tomar como un efecto de característica o gustos no medibles. Permitiendo que individuos con características observadas idénticas, no tengan que tomar la misma decisión de medio de transporte. A partir de la anterior maximización, obtenemos la función indirecta de utilidad:

$$V_i(w_i, c_i, y, u_i) = \text{Max}(\text{Max } U(x, w, i, u) / rx + c_i \leq y)$$

La consistencia entre el modelo de elección discreta y la maximización de la utilidad aleatoria requiere de una función que sea aditiva y separable de la renta, el termino estocástico y el resto de las variables. La función indirecta de utilidad para la alternativa  $i$  debe escribirse la siguiente forma:

$$V_i = V_{i1}(y) + V_{i2}(w_i, c_i, s) + u$$

donde  $s$  es el vector de características socioeconómicas del individuo.

A partir de aquí, se define un sistema de elección probabilístico que describe la distribución de la demanda observable que es consistente con la hipótesis de maximización de las preferencias aleatorias. Sea  $P_i$  la probabilidad de elección de la alternativa  $i$  que cumple:

$$P_i = P(V_i + u_i \geq V_k + u_k; k \in B) = P(u_k - u_i \leq V_i - V_k; k \in B)$$

$P_i$  puede interpretarse como la probabilidad de la alternativa  $i$  maximice la utilidad de un determinado individuo. Especificando una función de distribución conjunta para  $(u_k - u_i)$  obtendremos la probabilidad de elección conjunta al nivel de precios, a los atributos de los medios de transporte y de las características de los individuos.

A efectos de estimación se aproxima la función de utilidad indirecta mediante una relación lineal en los parámetros. En el caso binario con alternativa de transporte 1 y 2, se expresa:

$$V_{i1} = X_i B_i + Z_{i1} \alpha + u_{i1}$$

$$V_{i2} = X_i B_i + Z_{i2} \alpha + u_{i2}$$

Dónde  $X_i$  son las variables que corresponde a las características individuales y  $Z_{ij}$  son aquellas que toman distintos valores según cual sea la alternativa considerada.

El individuo escoge la alternativa 1 ( $Y_i = 1$ ) si  $U_{i1} > U_{i2}$  es decir,

$$Y_i = 1 \quad \text{si} \quad X_i' B + (Z_{i1} - Z_{i2})' \alpha + u_i > 0$$

$Y_i$  en caso contrario

En donde  $B = (B_1 - B_2)$  y  $u_i = (u_{i1} - u_{i2})$

Por eso, los términos comunes a todas las alternativas no afectan a la comparación de utilidades, por lo que pueden ser eliminados de ambos lados de la desigualdad.

De acuerdo con este planteamiento la elección de una determinada alternativa respecto a las variables asociadas a cada una de ellas ( $Z_{ij}$ ) no depende de sus valores absolutos sino de sus diferencias.

Es decir, de acuerdo con este modelo y con el supuesto de linealidad de la función de utilidad indirecta, la elección de una alternativa se realiza teniendo en cuenta los costos y demás atributos que varían entre las alternativas.

Un resultado importante del modelo de McFadden es que la probabilidad de elección estimada es independiente de la renta. Sin embargo, es conocido que el nivel de ingreso influye en la elección del medio de transporte.

La forma de introducir esta variable y su interpretación es relevante para calcular posteriormente y de forma consistente las respuestas de los individuos a cambios en el precio de las alternativas o para conocer el valor del tiempo.

Como se señala en el paper de McFadden los gustos pueden depender de características individuales que están correlacionados con la renta actual. Esta variable entraría en la ecuación y se consideraría como un proxy de unos gustos no observables que afectan la elección. Es decir, un proxy de referencias individuales.

El otro problema que tiene el modelo de McFadden es que incorpora el tiempo solo en el vector de los atributos y no en las restricciones del comportamiento del consumidor.

#### El tratamiento del tiempo

En el modelo de McFadden el tiempo juega un papel poco relevante. El modelo de Becker (1965) constituye el origen de la discusión sobre la introducción del elemento temporal en las decisiones de consumo. Se trata del primero que reconoce de forma explícita el papel del tiempo requerido por las distintas actividades de consumo.

A partir de DeSerpa (1971) incluye en forma explícita en el modelo el tiempo. Lo introduce como argumento en la función de utilidad. Es decir, se plantea un trade off entre el precio y el tiempo que nos permite estimar el valor monetario de esta última variable. Es por eso, que se adopta en el problema de la elección modal, los términos De Serpa, con las modificaciones exigidas por la existencia de más de un componente temporal en la caracterización de cada alternativa (tiempo de espera, transbordo, de viaje, de acceso, etc.).

## La teoría de la utilidad aleatoria

Para pasar de un modelo teórico al econométrico es necesario cambiar el proceso de elección, y dejarlos en términos probabilísticos, en lugar de determinístico. Si se encuentra en términos determinístico no permite explicar las inconsistencias con el supuesto de comportamiento racional. En cambio en términos probabilísticos permite aceptar, errores derivados y comportamientos aleatorios.

Es decir, el comportamiento del individuo se caracteriza como un proceso de dos etapas, en la primera, escoge aleatoriamente una función de utilidad y después, opta por una alternativa de acuerdo con la función de utilidad elegida anteriormente.

Con esto se toma la teoría de la utilidad aleatoria (Domencich y McFadden 1975), según la cual la probabilidad de elección de la alternativa  $j$  por parte de un individuo es igual a la probabilidad de que la utilidad que a dicho individuo le genera dicha alternativa sea mayor que la que obtendría al escoger cualquier otra. Es decir:

$$\Pr(j/C_n) = \Pr(U_{jn} > C_{ln} \forall l \in C_n)$$

Donde  $C_n$  es el conjunto de alternativas disponibles para el  $n$ -esimo individuo y  $U_{jn}$  es la utilidad que obtiene dicho individuo al escoger la alternativa  $j$ .

El paso de este modelo de elección probabilístico a un modelo econométrico, requiere de la adopción de un supuesto sobre la distribución que sigue el componente aleatorio. Es fundamental para dar paso a un modelo econométrico de elección discreta.

### *Modelo econométrico de elección discreta*

Los procesos de elección en términos de maximización individual de la utilidad suponen una posibilidad de relacionar los modelos de elección basados en el comportamiento individual, con los mecanismos de estimación de los valores de sus parámetros.

## Modelos Logit y Probit

El modelo Logit es el más utilizado por su fácil interpretación y es consistente con los modelos de maximización de utilidad de Domencich y McFadden (1975). Parte del supuesto es que la diferencia de los errores  $\varepsilon_n = \varepsilon_{in} - \varepsilon_{jn}$ , sigue una distribución logística, si la utilidad fuera  $U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$ , y  $U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn}$  donde  $V_{in} = \beta'x_{in}$  y  $V_{jn} = \beta'x_{jn}$  la probabilidad de elección sería:

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \Pr(U_{in} \geq U_{jn}) \\ &= \frac{1}{1 + e^{-(V_{in} - V_{jn})}} \\ &= \frac{e^{V_{in}}}{e^{V_{in}} + e^{V_{jn}}} \end{aligned}$$

Con respecto al modelo Probit. En este modelo los errores se ven como una suma de un gran número de componentes no observados, pero independientes entre sí, así, de acuerdo al Teorema de Limite Central, la distribución de los errores tendera a una Normal de la forma:

$$\begin{aligned} P_n(i) &= \Pr(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} \leq V_{in} - V_{jn}) \\ &= \int_{\varepsilon=-\infty}^{V_{in}-V_{jn}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\varepsilon^2\right] \delta\varepsilon \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\varepsilon=-\infty}^{V_{in}-V_{jn}} \exp\left[-\frac{1}{2}u^2\right] \delta u = \Phi(V_{in} - V_{jn}) \end{aligned}$$

Donde  $\Phi(\ )$  es la distribución normal estándar acumulada, esto se llama **Probit Binario**, es decir si  $V_{in} = B'x_{in}$  y  $V_{jn} = B'x_{jn}$ , entonces la probabilidad sería:  $P_{in} = \Phi(B'(x_{in} - x_{jn}))$ .

Aunque el Logit posee la ventaja que sus resultados son más fáciles de interpretar, tiene como principal desventaja el suponer que las razones de probabilidad entre dos alternativas es independiente de la disponibilidad o atributos de otra alternativa.

El Probit tiene la ventaja de que permite la correlación entre los componentes aleatorios de la utilidad derivada de cada alternativa, además de no exigir igualdad en las varianzas de dichos componentes. Por lo tanto, es considerada más rica que la Logit. Lo desventajoso, es que para tres o más opciones es complejo su cálculo integral. El modelo Probit es preferido por McFadden.

### *Modelo de elección modal*

Para el caso de los modelos de elección modal, lo que se pretende es estimar el comportamiento de los individuos sobre el modo que utilizarán para realizar sus viajes, idealmente se deben considerar todas las decisiones de los individuos, que va desde la elección del lugar de residencia y trabajo, a la compra de coche y elección del modo utilizado. Normalmente no se dispone de todas estas variables, es por eso que la única posibilidad es estimar el modo de viaje que utilizará un individuo. Otra limitante, es que los viajes realizados se consideran fijos. Es por eso, que lo más común es utilizar los viajes al trabajo, como la muestra relevante.

Su derivación genera un resultado importante, es que la probabilidad de elección estimada es independiente del nivel de renta, se considera como un proxy de los gustos no observados. Otra aplicación es que los coeficientes de costo y tiempo para cada modo utilizados, se puede interpretar como un valor del tiempo, porque este se puede incluir dentro de la función de utilidad.

Finalmente, una de las principales aportaciones de los modelos de elección modal, es el cálculo de elasticidades, las cuales permite saber el impacto sobre el modo utilizado, antes cambios en las diferentes variables explicativas; esto es útil puesto que de estos valores dependerá la eficacia o no de aplicar políticas de transporte; ya que altas elasticidades implicarán una alta respuesta ante cambios en el comportamiento, y viceversa.

Tabla 1

**Elasticidades con respecto al precio y al tiempo, tomando el modelo de elección modal.**

	Privado	Público	
	Coche	Bus	Tren
<b>Galán, 2003</b> Evidencia Monterrey			
Precio	-0.24	-0.41	
Tiempo	-0.31	-0.99	
<b>Kain y El-Hifnawi (1994)</b> Evidencia Monterrey			
Precio	-0.12	-0.25	
Tiempo	-0.08	-0.15	
<b>Goodwin, 1992</b> Evidencia Internacional			
Precio	-0.16	-0.28	-0.65
<b>Matas, 1990</b> Barcelona, Urbano			
Precio	-0.13	-0.12	
Tiempo	-0.09	-0.26	
<b>Asensio, 2002</b> Barcelona, Suburbano			
Precio	-0.09	-0.21	-0.09
Tiempo	-0.27	-0.5	-0.24
<b>Luke y Hepburn, 1993</b> Australia			
Precio	-0.1	-0.29	-0.35
<b>Hensher, 1997</b> Newcastel, Australia			
Precio	-0.2	-0.36	-0.22
<b>Small y Winston, 1999</b> Estados Unidos			
Urbanos:			
Precio	-0.47	-0.58	-0.86
Tiempo	-0.22	-0.6	-0.6
Suburbanos:			
Precio	-0.45	-0.69	-1.2
Tiempo	-0.39	-2.11	-1.58

Fuente: Propia y Galán (2003)

En la Tabla 1, se presenta la evidencia internacional y de Monterrey. En ella se ven las diferentes elasticidades que se han dado en los estudios, tanto en el transporte público como en el privado. En nuestro análisis solo incluiré en el transporte público, el camión urbano.

Hay que considerar que en el estudio de Kain y El- Hifnawi del año de 1994, el cual es el primero realizado a la AMM, se utilizaron 859 viajes hacia el trabajo, provenientes de la encuesta origen –destino realizada por el CET, correspondiente al año 1993. Se usa un modelo Logit Binomial, estimando seis modelos, tratando de encontrar el que les diera el mejor ajuste, aunque las elasticidades que obtienen son bajas.

## Forma Urbana

Uno de los factores que explican el aumento de la demanda del transporte y la evolución de su patrón, es el cambio que se produce en la forma urbana, la cual se define como la configuración espacial de las actividades de carácter laboral y residencial dentro de un entorno metropolitano (Asensio, 1999).

La progresiva separación entre los lugares de residencia y el empleo en la mayoría de las ciudades, o la ausencia de la misma en otras, son uno de los elementos causantes de la mayor movilidad observada en modos motorizados.

Existen tres tipos de modelos: monocéntrico, policéntrico y multicéntrico. En el modelo monocéntrico, todo el empleo se localiza en un único CDB (*Central Business District*) y los trabajadores deciden en dónde vivir de acuerdo con el objetivo de minimizar sus costos de transporte a la vez que minimizan la cantidad de espacio residencial consumido. En el policéntrico, la localización del empleo no se restringe a un único lugar. Y por último el modelo multicéntrico, en este modelo el empleo se reparte entre el CDB y un subcentro en forma de anillo que lo rodea, dividiendo el espacio residencial de la ciudad en una zona interior al subcentro y otra exterior. (White 1976).

Para este estudio de la Tesis, solo estudiaremos el modelo monocéntrico.

## Modelo Monocéntrico

Este modelo se origina a partir del trabajo de Alonso (1964), quien plantea el caso de una ciudad en el que todo el empleo se concentra en un único lugar, llamado CBD (*Central Business District*), en que los ciudadanos eligen la distancia del CBD a la que desean residir en función al trade-off entre la accesibilidad y el espacio que puede proporcionar cada localización, dado que el primero aumenta con la distancia y el segundo disminuye.

Los supuestos básicos del modelo monocéntrico de localización urbana son tres:

1. Todo el empleo se concentra en un único lugar, el distrito central de negocios (CBD), al cual deben acceder todos los individuos desde sus lugares de residencia. Juega un papel muy importante el transporte, dada la obligada separación espacial entre residencia y empleo.
2. El CBD es igualmente accesible desde cualquier par de puntos situados a igual distancia del mismo. Es decir, se supone la existencia de una red de transporte que garantiza la misma accesibilidad radial en todos los sentidos.
3. Todo el espacio fuera del CBD carece de atributos que hagan a un lugar preferible frente a cualquier otro, por lo que la única diferencia entre las distintas localizaciones por las que pueden optar los hogares es la distancia que les separa del CBD. Por eso existen un trade off entre la posibilidad de consumir un mayor espacio residencial a mayores distancias del CBD y el incremento en los costos de transporte que dicha mayor distancia genera.

## Antecedentes

En el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) actualmente habitan alrededor de 4 millones de personas que hacen 8.2 millones de viajes por día, cuya longitud y velocidad promedian 15 Km. y 23 Km/hr. Del total de los viajes en el año 2005 un 41.18% se hacían en 1.3 millones de autos y un 45.28% en alrededor de 5,000 unidades de transporte público. Las estimaciones del Consejo Estatal del Transporte indican que en la actualidad, el número de viajes es de 1.6 millones en auto y en 5,000 autobuses.

El transporte público se basa en el AMM en una red radial de autobuses, concentrándose en el centro de la ciudad. Las diferentes rutas no están bien integradas las diferentes rutas y el Estado solo tiene un 3% de participación en los viajes con el metro.

Además, el sistema de transporte público no ofrece certeza al usuario respecto, a la frecuencia, el horario, la capacidad y la accesibilidad. En general, los tiempos de viaje se han visto afectados por el crecimiento acelerado de la mancha urbana y por el congestionamiento provocado por el incremento exponencial del parque vehicular, que ha superado por mucho la infraestructura vial.

Los diferentes estudios indican (planes estatales de transporte) que en los últimos 5 años se ha incrementado en un 20% los viajes del transporte privado, consecuencia del elevado parque vehicular de un millón 600 mil vehículos. Proyectándose que para el año 2020 las obras viales que se necesita para soportar el creciente parque vehicular es de 7 mil millones de dólares.

El crecimiento desproporcionado de la ciudad y del parque vehicular, siga un patrón concéntrico (radial) adecuado para el año 1967 cuando la ciudad contaba con un millón de habitantes y el 60% de los viajes tenían el destino el centro de la ciudad. En la actualidad la ciudad está 4 veces más poblada y menos del 18% de los viajes van al centro. Por eso es factible, de preguntarse porque se sigue desarrollando un sistema radial en que el centro es el polo central de la mayoría de las rutas de la ciudad.

La ciudad se ha dispersado, en 1967 cuando la ciudad tenía un millón de habitantes, tenía una concentración de 100 habitantes por hectáreas. Actualmente la ciudad ha crecido cuatro veces y la densidad por hectárea ha disminuido llegando a 45 hab. por hectárea. Reduciendo el Índice de pasajero por kilómetro (IPK) pasando de 4.04 en 1967 a aprox. 2.0. Trayendo consigo para los transportistas, sigan con sus máquinas antiguas y no hacer inversiones. O hacer inversiones pero con la consecuencia de aumento de tarifas, subsidios o que

puedan pasar por ciertas avenidas (especialmente el centro) para aumentar el número de pasaje.

Las familias de estrato Medio-Alto y Alto, que solo representa el 15% de la población, continúan aumentando el nivel de adquisición de autos y los estratos medio-bajos mantienen su nivel, trayendo la consecuencia del gran aumento del parque vehicular<sup>4</sup>.

Otro problema es que no hay ofertas, especializadas para satisfacer cada segmento de la demanda del transporte, de hecho la infraestructura vial cada vez es menor en relación a la demanda de ella. Además AMM no está diseñada para el peatón o ciclista, trayendo consigo una saturación mayor de las avenidas.

### Datos

Encuesta origen-destino, realizada el año 2005 por el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad y la Agencia Estatal del Transporte de Nuevo León.

### Estadísticas Descriptivas

El tamaño de la muestra a utilizar es de 18,500. La variable a estudiar es la de tiempo en minutos como tiempo espera, caminando, camión y carro.

Minutos espera				
Obs	Media	Desv. Estan.	min	max
13819	10.392	6.597	1	40

Minutos caminados				
Obs	Media	Desv. Estan.	min	max
13819	7.433	5.866	2	38

Minutos Camión				
Obs	Media	Desv. Estan.	min	max
18286	48.68	28.14	0	180

<sup>4</sup> Vease: Plan Sectorial de vialidad y Transporte 2008-2030

Se puede constatar que la media de los minutos en camión son 49 minutos, la de espera son 10 minutos y el tiempo de caminata a tomar el bus es de 7.5 minutos. Lo que hace un total en promedio de 66.5 minutos de un solo viaje en camión o bus.

Con esto constatamos que las personas hacen trayectos relativamente largos, producto que los recorridos por lo general pasan por el centro de Monterrey. Teniendo que, los pasajeros hacen transbordos, trayendo consigo un mayor costo para los usuarios.

	Minutos Carro			
Obs	Media	Desv. Estan.	min	max
13157	27.73	20.95	0	180

El transporte privado más específicamente el de carros, su media es de 28 minutos. Aunque los trayectos son iguales que los de transporte público, es más rápido en carro y por ende también se genera más movilidad.

## Principales Estudios

### A.- *Determinación de la demanda*

- Domencich, T. A., & McFadden, D. (1975). Urban travel demand-a behavioral analysis (North-Holland Publishing Company Limited, Oxford England)

### B.- *Maximización de utilidad*

- Manski, C. F., & McFadden, D. (Eds.). (1981). Structural analysis of discrete data with econometric applications (pp. 202-4). Cambridge, MA: Mit Press.

### C.- *Tratamiento de tiempo*

- Becker, G. S. (1965). A Theory of the Allocation of Time. The economic journal, 493-517.
- DeSerpa, A. C. (1971). A theory of the economics of time. The Economic Journal, 81(324), 828-846.

### D.- *Monocentrico*

- Alonso, W. (1964). Location and land use. Toward a general theory of land rent. Location and land use. Toward a general theory of land rent.
- White, M. J. (1976). Firm suburbanization and urban subcenters. Journal of Urban Economics, 3(4), 323-343.

### E.- *Estudios para el Área Metropolitana de Monterrey*

- El-Hifnawi, M. B. (1998). Modeling the determinants of automobile ownership in developing cities: The case of Monterrey, Mexico. Harvard Institute for International Development, Harvard University.
- Kain, J., & El-Hifnawi, B. (1994). Modal split model for the work trip in Monterrey. Revista Ensayos, UANL, 13(2), 101-117.
- Galán González, J. R. (2004). Posesión de coches y elección modal: El caso del área metropolitana de Monterrey. Ensayos, 23(1), 77-138.

Kain y El-Hifnawi (1994), El-Hifnawi(1998) y Galán (2004) hicieron estudios para el área Metropolitana de Monterrey, tanto para el caso de la elección modal, como para la posesión de coches. Es interesante analizar estos resultados, ya que constituyen los únicos realizados hasta ahora, por lo que es importante tenerlos en

cuenta, con el fin de ver si los resultados que se obtengan del presente trabajo van en la misma dirección.

Kain y El-Hifnawi (1994) realizan un estudio de distribución modal para el AMM, de una encuesta origen destino realizada por la CET, del año 1993, utiliza un Logit Binomial aplicado a 859 viajes realizados hacia el trabajo. Utilizan como variable independiente el número de coches por hogar, el número de personas que trabajan, el sexo, y edad del jefe de familia; así como el diferencial en el tiempo de viaje total y entre los costos de transporte público y coche.

Los autores estiman seis modelos, encontrando el que diera el mejor ajuste, los resultados muestran que las elasticidades son bajas. Los niveles de reacción de los usuarios son muy bajas si se baja el tiempo de viaje en bus o aumento relativo en coche. Ellos consideran que hubieran podido obtener mejores resultados si hubiesen podido descomponer el tiempo de viaje en a pie, viaje y espera.

Para 1998, El-Hifnawi utiliza los mismos datos del estudio anterior, solo que en esta, utiliza un modelo de logit multinomial. Centrándose más en la posesión de coche, considerando que las familias tienen uno, dos o tres o más coches. Las elasticidades disminuyen a través del tiempo, además encuentra que la elasticidad con respecto a la renta se incrementa al aumentar el número de coches, esto el autor lo explica por el hecho de que un primer coche puede ser visto como un bien normal, mientras un segundo o tercer coche puede verse como un bien de lujo.

Por ultimo Galán (2004), trabajo una encuesta origen-destino realizada por el Centro de Investigaciones Económicas (CIE) de la Universidad Autónoma de Nuevo León(UANL), que corresponde a una muestra de 1500 encuestas. La principal limitante de la base de datos es que solo se consideró el estrato Medio-Bajo. Se consideró un modelo de Probit Binomial. Los resultados obtenidos en la posesión de coches fueron muy similares a los de Kain y El-Hifnawi (1994), la única diferencia es en la variable tiempo. Este último valor, muestra que el nivel de reacción de los usuarios sería muy bajo, ante una disminución del tiempo de viaje total de bus – o un incremento relativo en coche-; argumentando que los valores podrían cambiar, resultando en un mayor grado de explicación, si hubiera podido descomponer el tiempo en sus diferentes etapas: a pie, viaje y espera.

Tabla 2

**Elasticidades para el AMM. Estudios recientes**

	Coche	Bus	A pie	espera
Galan, 2004				
Monterrey, urbanos				
Precio	-0.24	-0.41		
Tiempo	-0.31	-0.99	-0.14	-0.27
Kain y El-Hifnawi 1994				
Monterrey, urbanos				
Precio	-0.25			
Tiempo	-0.15			

Elasticidad de la renta para el percentil 25,75 y el valor medio, estimaciones para 1991 y 1993			
Elasticidad/renta familiar	1991		1993
Hogar en el primer cuartil (25% más pobres)	0.54 a 0.61		0.35 a 0.41
Hogar medio	0.38 a 0.42		0.25 a 0.30
Hogar en el último cuartil (25% más rico)	0.70 a 0.76		0.44 a 0.55

Fuente: Kain y El-Hifnawi (1994)

Para el caso de la elección modal, los efectos cruzados del tiempo son de mayor magnitud para el caso del coche, es decir, que si se incrementa el tiempo en autobús sin cambiar el coche, se incrementara su uso. Finalmente con respecto al tiempo a pie y de espera, los valores de las elasticidades directas, para el caso del autobús, son las más bajas, lo cual demuestra que cambios en esta no tendría efecto en el tiempo de viaje. Esto se puede explicar que el tiempo de autobús es tres veces más que en el de coche, por eso son más sensibles.

## Estimación

Tomaremos para el análisis, los datos de la encuesta origen-destino, realizada el año 2005 la encuesta se llamó “Dime a dónde vas, y te diré por dónde”, las agencias que colaboraron en su desarrollo y toma de la misma fueron: la agencia para la planeación del desarrollo urbano, consejo estatal de transporte y vialidad, agencia del transporte de Nuevo León y Secretaria de Educación del Estado de Nuevo León. Se tomó a alumnos de secundaria, los cuales tenían que llevársela y traerla llenada. Con lo cual la encuesta tienen fallas en su implementación, puesto que las personas no entendían las instrucciones, por no ser tomada por un encuestador y sobre todo con datos incorrectos. Con lo cual fue durante 3 años limpiada y en el año 2008 fue entregada. Para servir como base para el Plan sectorial de Transporte y Vialidad del 2008 - 2030.

La muestra seleccionada es de 18500, revisada y limpiada con datos incorrectos e irreales me quedo en promedio de 13500.

Según *Onu-Habitat en su Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015*, en la Zona metropolitana de Monterrey el 50% de los 8 millones de viajes motorizados que se realizan se hacen en cerca de 2 millones de coches privados, el restante se hacen en 40 mil unidades de taxis, buses urbanos y metro.

En el *Plan Sectorial de Transporte y Vialidad 2008-2030*, de continuar creciendo el uso del automóvil, las velocidades medias continuarán en descenso; en el caso del automóvil de 30 km/hora en 2005 bajó a 25 km/hora en 2010 y en el caso del transporte público la caída es de 14 a 11 km/hora.

Los resultados obtenidos con a base de datos que analice fue de 29 km/hora para el coche y de 12.38 km/hora para el transporte público.

Los tiempos obtenidos son:

Minutos	Obs	Media	Desv. Est.	min.	max.
Camión	18286	55.297	28.14	0	180
Carro	13157	30.068	20.95	0	180
Caminando	13819	7.433	5.866	2	38
Espera	13819	10.392	6.597	1	40

Según la tabla descrita anteriormente la media de los tiempos de los traslados en camión es de 55 minutos, el del carro es de 30 minutos, el tiempo que camina una persona en promedio es de 7 minutos y el tiempo de espera del camión a que pase es de 10 minutos.

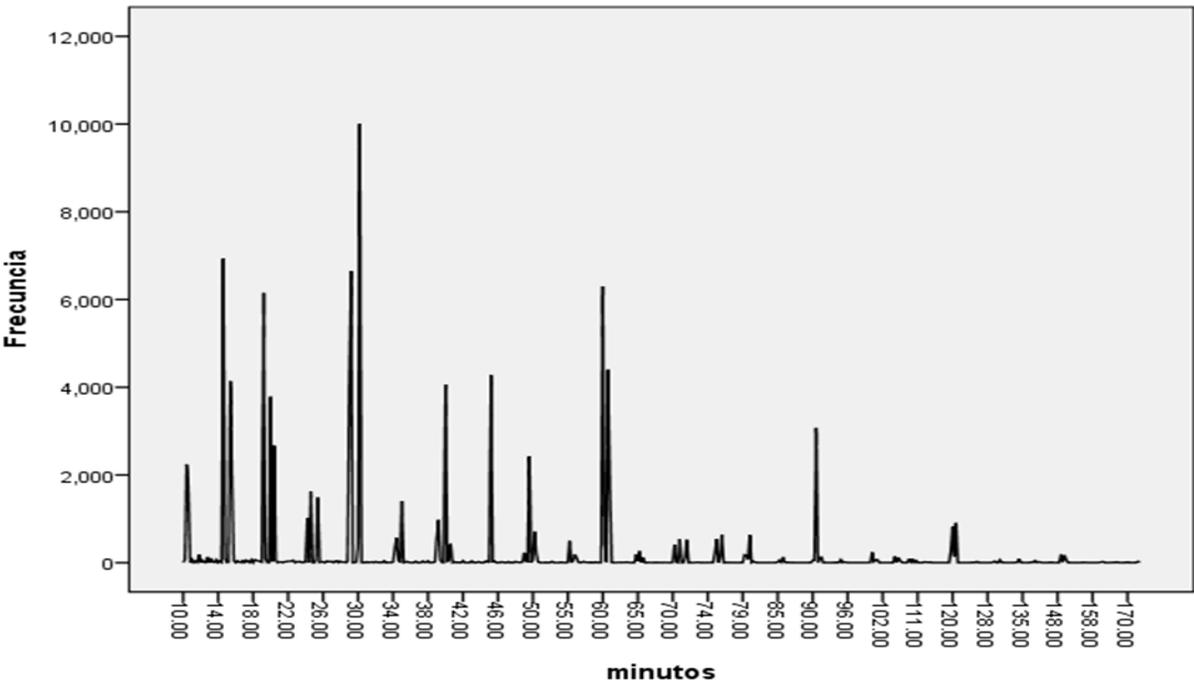
Tabla 3:

**Tabla de medias de las variables consideradas en el estudio**

Variable		Media	Minutos	Promedio
Y	Coche	0.266471		26.6471
	Bus	0.733529		73.3529
Tiempo coche		0.5011457	30.068742	
Tiempo bus		0.9216184	55.297104	
Tiempo camino		7.433	7.433	
Tiempo espera		10.392	10.392	
Costo Coche		48.44574		
Costo bus		13.68571		
Estudio Prof.		0.1790305		17.90305
Estudio Tec.Prof.		0.1792456		17.92456
Estudio Otros		0.1674932		16.74932
Genero		0.5407534		54.07534
Ocup.Indep.		0.329491		32.9491
Ocup.est y ama		0.1863172		18.63172
Ocup. Otros		0.0445299		4.45299
Edad menor 26		0.2824613		28.24613
Edad 41 a 60		0.2418784		24.18784
Edad mayor 60		0.0155855		1.55855
distancia centro		10768.38		

La media de los traslados en coche según nuestra base de datos es del 26.64% y del traslado en bus es del 73.35% ese en el contexto general de nuestra base de datos.

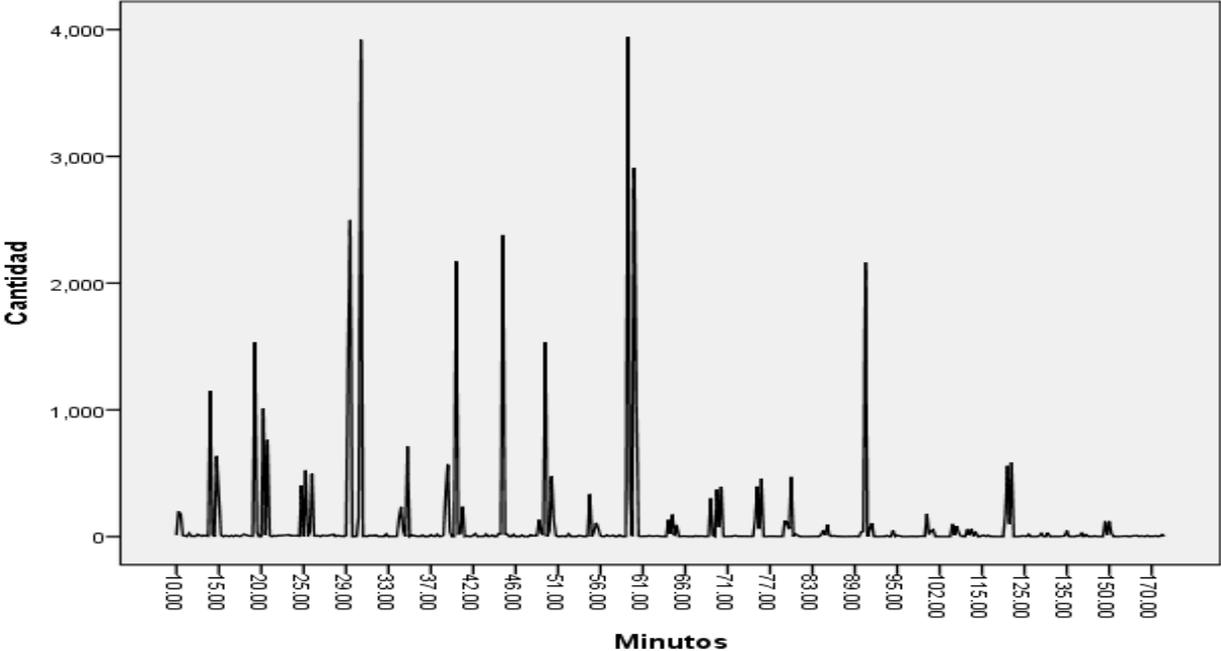
Los tiempos ya fueron descritos y especificados anteriormente. Sobre los costos: el costo en coche en promedio es de \$48.44 y del bus es de \$13.68. Sobre los estudios el 48% tienen secundaria o preparatoria, 17.90% estudios profesionales, 17.92% estudios técnicos y un 16.74% otros estudios. Un 44% de los encuestados tienen ocupación de dependientes asalariados, un 32% de ocupación de independientes, 18% de estudiantes y ama de casa y 4% de otros. En las edades un 47% tienen edades entre 27 a 40 años, 28% menor a 26 años, 41 a 60 años un 24% y mayores de 60 años solo un 1.55%.



**Figura 1. Tiempo de Transporte**

Fuente: encuesta origen-destino 2005 Nuevo León

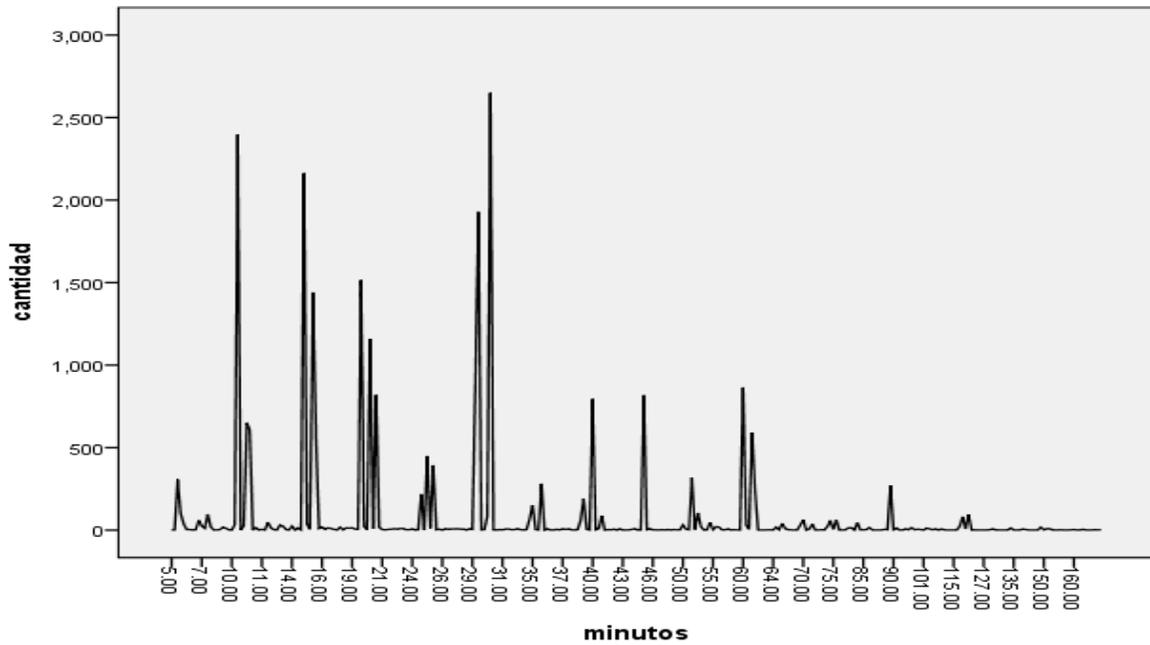
Considerando el total de viajes realizados en la Figura 1, la duración de 30 minutos de los viajes es la que más se repite seguida por una hora.



**Figura 2. Tiempo del Transporte Público**

Fuente: encuesta origen-destino 2005 Nuevo León

En la Figura 2, los tiempos de viaje en bus es de media hora y una hora por lo general.



**Figura 3. Tiempo de Transporte Privado**

Fuente: encuesta origen-destino 2005 Nuevo León

Los traslados en coche por lo general son de 30 minutos, pero también son traslados cortos como 10, 15 o 20 minutos. Por lo general las personas ocupan el carro para traslados cortos, lo que hacen que la vialidad se colapse más rápido: como se ven en la Figura 3.

## Estimación del modelo de elección modal

Considerando el modelo de elección dual en cual se consideran dos opciones de viajes: bus y coche. Para determinar el modelo se parte de los siguientes supuestos.

Supuestos del modelo:

- 1) Localización de la residencia y trabajo dados
- 2) Número de viajes fijo
- 3) Se consideran solo los viajes de ida
- 4) Usuarios no cautivos del transporte público
- 5) Usualmente viajes al trabajo

### Principales variables explicativas:

- Costo de bus y coche.
- Tiempo de viaje dentro del coche.
- Tiempo de espera
- Tiempo a pie
- Escolaridad
- Edad
- Distancia al centro
- Densidad poblacional

Se estima la ecuación por medio de un probit binomial, siendo la variable dependiente la probabilidad de seleccionar el coche. Se define de la siguiente forma:

$$V_i = \beta_0 + \beta_1 * Ccoche + \beta_2 * Cbus + \beta_3 * Tcoche + \beta_4 * Tbus + \beta_5 * Tcamino + \beta_6 * Tespera + \beta_7 * est\_tec\_prepa + \beta_8 * est\_profes + \beta_9 * est\_otros + \beta_{10} * Género + \beta_{11} * Ocup\_ind + \beta_{12} * Ocup\_est\_adc + \beta_{13} * Ocup\_otros + \beta_{14} * Edad < 26 + \beta_{15} * Edad 41-60 + \beta_{16} * Edad > 60 + \beta_{17} * Distcentro + \beta_{18} * Densidad + \beta_{19} * Espec + \varepsilon_i$$

1) *Costo de coche (Ccoche)*: Costos del uso del coche, el cual es un costo fijo por km recorrido. El costo incluye gasolina, desgaste del motor, etc, el cual es considerado por el Instituto Mexicano del Transporte en evaluaciones de proyectos.

2) *Costo de bus (Cbus)*: Costo del uso del bus, es el costo reportado por los usuarios en la encuesta, actualizada al 2016.

Para obtener las distancias de traslado, se dividió la AMM en 300 ageb, obteniéndose puntos concéntricos y de ellos sacar las distancias, entre todos. Es decir, crear una matriz de distancias. Este procedimiento se desarrolló con el software ArcGis.

3) *Tiempo en Coche (Tcoche)*: este es el tiempo en realizar un viaje dentro del vehículo. Información obtenida de la encuesta.

4) *Tiempo en Bus (Tbus)*: Tiempo que se demora en realizar un viaje dentro del autobús. Información obtenida de la encuesta.

5) *Tiempo a pie (Tcamino)*: es el tiempo empleado desde que sale del origen hasta la parada del bus, dichos tiempos fueron declarados por los usuario.

6) *Tiempo de espera (Tespera)*: el tiempo empleado en esperar a que llegue el transporte público.

7) *Escolaridad*: Se dividió en cuatro grupos: a) Primaria o secundaria, b) (*est\_tec\_prepa*) técnica o preparatoria, c)(*est\_profes*) profesional y d) (*est\_otros*) otros. Para evitar la multicolinealidad, se elimina de la ecuación el grupo de los primaria y secundaria, por lo que el resultado obtenido será referido a este grupo. Por lo que se generan 3 variables dummy.

8) *Género (Género)*: es una variable dummy ficticia que toma el valor uno si es hombre y cero si es mujer, con esta variable se pretende ver si existe una tendencia a un modo en particular, según el género del usuario.

9) *Ocupación*: Se dividió en cuatro grupos: a) Empleado o asalariado, b) (*Ocup\_ind*) Independiente o patrón, c)( *Ocup\_est\_adc*) estudiante y ama de casa y d) (*est\_otros*) otros. Para evitar la multicolinealidad, se elimina de la ecuación el grupo de los empleados o asalariados, por lo que el resultado obtenido será referido a este grupo. Por lo que se generan 3 variables dummy.

10) *Edad*: Se dividió en cuatro grupos: a) ( $Edad < 26$ ) menores de 26, b) entre 26 y 40, c) ( $Edad 41-60$ ) entre 41 a 60 y d) ( $Edad > 60$ ) mayores a 60. Para evitar la multicolinealidad, se elimina de la ecuación el grupo de entre 26 y 40 años, por lo que el resultado obtenido serán referido a este grupo. Por lo que se genera 3 variables dummy.

11) *Densidad (Densidad)*: es la densidad población del Ageb, se utiliza como un proxy de la disponibilidad de transporte público en una zona determinada, ya que es de esperar que a mayor densidad, la probabilidad de que cuente con este servicio es mayor.

12) *Especialidad (Espec)*: es una variable (trabajadores por Ageb/tamaño Ageb), se pretende medir la densidad de trabajadores por Ageb en relación a su población. Con la cual se pretende encontrar que en sectores con mayor densidad de trabajadores, porque se ocupa un sistema radial (pasan por el centro) si los trabajos se encuentran en otras área.

13) *Distancia al centro (Distcentro)*: esta variable puede estar relacionada a un uso mayor del coche, ya que en la medida que se aleje de las zonas más densamente pobladas, disminuye la probabilidad de que exista una buena cobertura del transporte público.

Se estimara por medio de un Probit Binario, los resultados se encuentran en la Tabla 2. Esta refleja que los costos y tiempos son significativos, sumados además las nuevas variables incluidas en este modelo, como son distancia hacia el centro, densidad y especialidad también son significativas.

Considerando la Tabla 3, los valores de los coeficientes muestran signos esperados. Considerando que son los coeficiente de la probabilidad de viajar en coche. El signo negativo del costo del coche y del tiempo del coche, el cual nos dice si el costo o el tiempo del coche aumentan la probabilidad de tomar el coche disminuye, eso sí considerando todas las variables fijas. Además si el tiempo y el costo de tomar el bus aumentan también aumentara la probabilidad de tomar el coche. El hecho de que coeficiente del tiempo del bus sea mayor en términos absolutos al del coche, muestra una mayor valoración del tiempo para el bus. De la misma forma ocurre con el costo del bus el cual es mayor en forma de términos absolutos que el del coche, la cual muestra una mayor valoración al costo del bus que el del coche.

Tabla 3.

**Modelo General. Variable dependiente: Probabilidad de viajar en coche**

Variable		Coficiente	error estándar	z	P > z
Tiempo coche		-0.8047071	0.0453148	-17.76	0 *
Tiempo bus		1.625561	0.0837885	19.4	0 *
Tiempo camino		0.1168653	0.0052873	22.1	0 *
Tiempo espera		0.0146118	0.0030231	4.83	0 *
Costo Coche		-0.0147863	0.0012308	-33.95	0 *
Costo bus		0.2122617	0.0104468	20.32	0 *
Estudio Prof.		0.0504484	0.0514248	0.51	0.605
Estudio Tec.Prof.		0.0262896	0.0521066	0.97	0.333
Estudio Otros		-0.0156825	0.0526221	-0.3	0.766
Genero		0.0582626	0.0418052	1.39	0.163
Ocup.Indep.		-0.1324486	0.0793641	-1.67	0.095
Ocup.est y ama		0.0086535	0.0532787	0.16	0.871
Ocup. Otros		0.0311906	0.0950063	0.33	0.743
Edad 26		-0.0021144	0.0490911	-0.04	0.966
Edad 41 a 60		0.0606412	0.0506753	1.2	0.231
Edad 60		-0.0047272	0.1415526	-0.03	0.973
distancia centro		0.0000701	5.54 e -06	12.65	0 *
densidad		-0.000972	0.0004898	-1.98	0.047 *
especialidad		0.5202779	0.1943229	2.68	0.007 *

\* Significativos

Suma de cuadradas residuales	110.14
Log de verosimilitud	-378.23
Log de verosimilitud restringida	-571
$R^2$ de Mc Fadden	0.5014
Porcentaje de aciertos	87.99%

En cuanto al tiempo de camino y el tiempo de espera son positivos con los cual el aumento de cualquiera de los dos variables, aumenta la probabilidad del uso del coche y de su dimensiones el más importante en esta decisión es el tiempo del camino.

En cuanto a las variables introducidas para medir en cierta manera la teoría de *CDB Central Business District* en la ciudad sigue un modelo radial en que todas las rutas de transporte pasan por el centro, la variable distancia al centro es significativa y positiva con lo cual nos dice a mayor distancia al centro hay una mayor probabilidad que las personas ocupen carro. En cuanto a la variable de densidad de población, nos dice a menor densidad de población hay más probabilidad de que las personas ocupen carro, más que nada enfocado que las rutas de camiones son menores cuando hay menor población. Cuando el sector es especializado es decir que tengas muchas personas que trabajan, hay más probabilidad que prefieran el carro, por el hecho que las personas tendrán más poder adquisitivo de comprarse un carro.

#### Estimaciones de las elasticidades de elección modal

Una de las formas más apropiadas para medir los cambios de las variables explicativas del modelo que tienen sobre la demanda, es el cálculo que corresponde a las elasticidades.

Considerando que este cambio se da en un contexto de elección modal, las elasticidades miden el cambio que se produce en la probabilidad de elección de una alternativa concreta cuando se modifica una de las variables explicativas. Esto implica suponer que el resto de los factores que influyen en la demanda de elección permanecen constantes. Por lo efecto que se obtienen se da específicamente por la variable que se modifica.

La elasticidad de la elección de una alternativa  $i$  respecto a una variable  $X_j$  se define como:

$$\varepsilon = \left( \frac{\partial P_i}{\partial X_j} \right) \left( \frac{X_j}{P_i} \right)$$

Donde  $P_i$  es la probabilidad de que el individuo escoja la alternativa  $i$  y  $X_j$  es la variable respecto a la cual se calcula la elasticidad, este se puede dar solo en el caso continuo infinitesimal. En el caso que discreto, se puede aproximar con el concepto de elasticidad-arco:

$$\eta = \left(\frac{\Delta P_i}{P_i}\right)\left(\frac{\Delta X_j}{X_j}\right)$$

Donde  $\frac{\Delta P_i}{P_i}$  es el incremento relativo que se produce en la probabilidad de escoger la alternativa  $i$ . Del mismo modo,  $\frac{\Delta X_j}{X_j}$  mide el cambio en la variable explicativa en términos relativos.

Por lo general se ocupa en la elasticidad los valores medios de las variables explicativas, pero no se considera adecuado puesto que puede estar sesgado en un modelo Probit. Por eso se ocupa más la consideración de variables discretas.

Entonces para el caso de un Probit, la elasticidad se obtiene evaluando el cambio en la probabilidad de elección, ante cambio de una variable determinada. Para este caso, que es el caso de elección modal se tiene que considerar, según Matas (1990) cuando se calculan elasticidades ciertas consideraciones, las cuales son:

- a) Debido a que la mayor cantidad de viajes al trabajo se hacen en hora punta, la elasticidad será menor.
- b) La sensibilidad a cambios en la oferta de transporte depende de las características socioeconómicas, por lo que se deben calcular elasticidades, ante diferentes factores socioeconómicos, y ver cuál es su impacto.
- c) La calidad del transporte se mide mediante el tiempo; no obstante, existen otros factores que pueden influir y que no se consideran, por lo que una menor calidad en los medios de transporte, implica valores mayores de la elasticidad precio.
- d) Como el período de estudio es de corto plazo, se supone que el lugar de residencia y de trabajo, son fijos; por lo tanto, las elasticidades serán menores.
- e) Dado que la movilidad es obligada, los valores obtenidos serán los mínimos, más inelásticos, que para otro motivo de viaje.

Considerando las limitantes descritas y las restricciones propia de la base de datos que estamos ocupando. Las elasticidades se han calculado como elasticidades de arco suponiendo, se calcularon cambios del 5%, 10%,20% y 100%, con lo cual se obtuvieron los mismos resultados, se consideró la variación del 10% en las variables explicativas de carácter continuo, pudiendo asegurar que la elasticidad permanece constante.

En relación a la Tabla 1, en la cual observamos la evidencia internacional y específicamente de Monterrey, podemos decir que la elasticidad con respecto al precio del coche, varía entre -0.09 a -0.45. Para el Precio del bus, varía entre -0.21 y -0.69. Considerando todo el transporte público es de -0.12, Matas (1990). Ahora con respecto a las elasticidades con respecto al tiempo, podemos decir que según los estudios estos oscilan entre -0.09 y -0.39, para el caso del coche; y entre -0.50 a -2.11 para el caso del bus. Según Matas (1990) considerando todo el transporte público, la elasticidad con respecto al tiempo es de -0.26.

En relación a los estudios de Kain y El-Hifnawi (1994) y Galán (2003), que son los estudios que se han hecho para AMM hasta ahora. Las elasticidades que se obtuvieron en relación al Precio con respecto al coche van desde -0.12 a -0.24; en relación al Bus va desde -0.25 a -0.41. Con respecto al tiempo, con respecto al coche van desde -0.08 a -0.31 y en relación al bus van desde -0.15 a -0.99. En base a estos datos podemos determinar que las elasticidades de Kain y El-Hifnawi son más bajos en relación a los de Galán y también pocos reales al contexto actual.

Tabla 4

**Elasticidades obtenidas en la elección modal**

Elasticidad del coche con respecto a:	
Tiempo del coche (directa)	-0.3349
Tiempo del bus (cruzada)	0.79871
Tiempo de camino (cruzada)	0.3917
Tiempo de espera (cruzada)	0.35788
Precio del coche (directa)	-0.35678
Precio del bus (cruzada)	1.23568

Elasticidad del bus con respecto a:	
Tiempo del coche (cruzada)	0.44559
Tiempo del bus (directa)	-1.1256
Tiempo de camino (directa)	-0.1658
Tiempo de espera (directa)	-0.25689
Precio del coche (cruzada)	0.33658
Precio del bus (directa)	-0.98139

Podemos observar en la Tabla 4, la elasticidad del coche, en el cual si aumentamos en un 10% el precio de la gasolina, esta provocaría una disminución del 3.5% en el uso del coche; mientras que un incremento en la misma proporción en la tarifa del transporte público, provocará que se incremente el uso del coche 12.3% por el efecto de la elasticidad precio cruzada.

Considerando los efectos directos de las elasticidades; el efecto directo de la elasticidad del coche con respecto al precio del coche es de -0.35; y el efecto directo de la elasticidad del bus con respecto al precio del bus es de -0.98. Es decir, que un cambio en el precio del transporte público tendrá un efecto mucho mayor sobre el uso del bus, de casi tres veces si el efecto es lo contrario, es decir el cambio en el precio de la gasolina tendría sobre el uso del coche. Lo que podemos decir es que, las personas que usan el transporte público son mucho más sensibles ante cambio del precio del bus. Que los usuarios de coche ante cambios de la gasolina.

Con respecto a los efectos cruzados, un incremento en un 10% en el precio del coche, generará que se incremente el uso del bus en un 3.3%.

Considerando las elasticidades del tiempo de viaje

Los efectos cruzados del tiempo tienen mayor magnitud para el caso del coche que el del bus, es decir, si se incrementa el tiempo del bus sin cambiar el del coche, se incrementaría su uso en un 0.79 puntos porcentuales, lo que es por cada punto porcentual de incremento en el tiempo del viaje en bus, incrementaría en 0.79 puntos porcentuales el uso del coche. Considerando el caso contrario, si se incrementa el tiempo del coche sin cambiar el del bus, se incrementaría su uso en un 0.44 puntos porcentuales, lo que es por cada punto porcentual de incremento en el tiempo del coche, se incrementaría solo un 0.44 puntos porcentuales el uso del bus. Podemos concluir que en los efectos cruzados, los cambios porcentuales en el tiempo del bus, produce un efecto sobre el uso del coche, mucho fuerte que si fuera lo contrario.

Con respecto al tiempo de camino y de espera, las elasticidades directas con respecto al bus, son más bajas, que con respecto al coche (cruzadas). Lo podemos explicar por la importancia que se tiene en relación al tiempo del bus, el tiempo de camino o de espera no afecta mayormente el uso del bus, afecta más el cambio hacia el uso del coche. Es también explicable por los tiempos de viajes, que casi son el doble para el uso del bus; 30 minutos para el coche y 55 minutos para el bus.

## Escenarios

Según el Consejo Estatal de Transporte y Vialidad, para el años 2020 los vehículos en circulación se incrementará en un 162% en comparación con el año 2000; producto de esta circunstancia la velocidad promedio disminuiría en un 57% para los coches, y en un 44% para los viajes en bus. Además el incremento poblacional producirá un aumento de un 48% de los desplazamientos diarios. Según la Tabla 6, el mayor crecimiento se produjo entre los años 2000 y 2010 con un 77%, prediciendo solo un 48% entre los años 2010 a 2020.

Tabla 6.

### Estimaciones de número de coches y viajes entre 2000 y 2020

Número de	2000	2010	2020	Crecimiento		
				2000-2010	2010-2020	2000-2020
Vehículos	740,015	1,311,132	1,940,000	77%	48%	162%
Viajes:						
Total	6,380,052	7,977,248	9,442,878	25%	18%	48%
Bus	4,134,240	5,224,812	6,094,208	26%	17%	47%
Coche	2,245,812	2,752,436	3,348,670	23%	22%	49%

Fuente: Consejo estatal del transporte y vialidad del Estado de Nuevo León

Esta exposición de datos y predicciones de los flujos vehiculares y viajes en el AMM, nos lleva al fenómeno que en literatura especializada se conoce como “Círculo vicioso de desarrollo urbano basado en vialidad”. A continuación lo explicaremos y la idea es escapar de círculo y generar un círculo virtuoso.

Todo modelo de desarrollo urbano de una ciudad, es esencial en la generación de un círculo virtuoso o vicioso en relación con la competitividad, sustentabilidad y calidad de vida de sus habitantes.

Los círculos virtuosos como se dan en la ciudades como Curitiba o Barcelona, la cual su desarrollo urbano genera sus habitantes, espacios públicos, calidad de aire, servicios, etc., y sobre todos actividad económica la cual genera un valor agregado. En contraposición, también existen modelos de desarrollo urbano que genera círculos viciosos, acompañado de aumento de ciertas variables la cual es consideradas como desarrollo, estos pueden ser como aumento del ingreso per capita, aumento del parque vehicular o grandes inversiones en infraestructura. La idea es que este círculo vicioso se vuelva a ser uno virtuoso, especialmente aumentando el uso del transporte público.



**Figura 4. Círculo vicioso de desarrollo urbano y movilidad**

Fuente: Workshop Regional Program on Sustainable Transport and Air Quality. [http://www.cleanairnet.org/lac\\_en/1415/article-59791.html](http://www.cleanairnet.org/lac_en/1415/article-59791.html)

La idea de crear escenarios, es experimentar cambios que serían necesarios para incrementar el uso del transporte público y así cambiar hacia un círculo virtuoso. Para ello tomaremos los resultados obtenidos en el apartado anterior, sólo que en este caso, se considerarán los efectos totales antes cambios en algunas variables. Para ello no solo se verá el efecto directo (elasticidad directa) generada sobre el modo en que afectaría, sino considerando también el efecto que generaría sobre el otro modo (elasticidad cruzada).

## Incremento del precio del combustible

Es esencial ver la sensibilidad antes cambios en el precio de la gasolina para el análisis de nuestro estudio, puesto que aunque la elasticidad es esencialmente baja en la decisión de cambiar el uso del carro, puesto que tomamos la encuesta de estudio del año 2005. Es esencialmente más alta en este momento del año 2017 donde el aumento de la gasolina en una sola subida llegó a un 20%, lo más probable que las personas que tienen carro sea mucho más sensible ante estas alzas. Nosotros estudiaremos la sensibilidad basada en nuestra encuesta, de acuerdo con la Tabla 4, la elasticidad con respecto al precio del coche es -0.35, mientras que la elasticidad precio cruzada es de 0.33; de esta forma, un incremento del 10%, implicará una disminución en el uso del coche de 0.8%, pasando de 34.5% a 33.7%, como se observa en la Tabla 7. Aunque el incremento de la gasolina sea constante a través del tiempo, en términos absolutos el uso del coche aumenta también, como consecuencia del aumento del número de viajes. Pero ira disminuyendo en términos relativos el uso del coche, como porcentaje del total del viaje.

Tabla 7

### Efecto de cambios en el precio del combustible

Cambio	Costo del combustible (precio por litro, a Enero del 2017)				
	-10%	-5%	Actual	10%	15%
Precio (\$/litro)	14.391	15.1905	15.99	17.589	18.3885
Viajes:					
Coche	2,815,969	2,784,060	2,752,436	2,688,333	2,648,446
Autobús	5,161,279	5,193,188	5,224,812	5,288,915	5,328,802
Estructura	7,977,248				
Coche	35.30%	34.90%	34.5%	33.70%	33.20%
Autobús	64.70%	65.10%	65.50%	66.30%	66.80%

Fuente: Elaboración propia

Si consideramos un aumento anual del 5%, aplicado desde el periodo actual, proyectándose hasta el año 2020, el resultado será una disminución gradual en su importancia relativa, pasando 34.5% en el periodo actual, hasta 30.70% en el año 2020, tal como lo muestra la Tabla 8.

Tabla 8

**Incremento anual del 5% en los costos del uso del coche**

Año	Número de viajes			Estructura	
	Total	Coche	Bus	Coche	Bus
Actual	7,977,248	2,752,436	5,224,812	34.50%	65.50%
2020	9,442,878	3,348,670	6,094,208	30.70%	70.30%

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados son producto que los demás factores permaneces fijos (ceteris paribus) la única forma de poder hacer cambios parciales. Además también suponemos que los gustos o deseos de los usuarios permanecen también constantes a través del tiempo, puede ser poco real, pero para poder estudiar puede ser una forma más cercana a la realidad.

Disminución de los tiempos de viajes, a pie y de espera

Consideraremos la disminución de los tiempos de viaje, según los datos utilizados en el estudio –tabla - el tiempo utilizados en el transporte público o bus es un 80% mayor que el utilizado en el coche, es decir el del bus es de 55.29 minutos y el del coche es de 30.06 minutos. Se debe recordar que la elasticidad con respecto al tiempo del bus, la segunda más alta después del precio del bus; esta es de -1.125; por lo tanto, los cambios en este sentido, pueden generar efectos de mayor magnitud. Además las elasticidades cruzadas, también es alta, lo que implica que incrementos en el tiempo de viaje del bus, favorecerán notablemente el uso del coche y viceversa.

Como observamos en la Tabla 9, podemos esperar cambios importantes si afectamos los tiempos de viaje, es decir cambios en la velocidad promedio, pasar de 12.38 km/hr actuales a 10 km/hr,(disminución del 20%), esto generaría una disminución del 6% en el uso del transporte público, pasando del 65.5% actual al 62%. Por lo contrario, si se produce un aumento de la velocidad, por ejemplo a 15

km/hr en el bus, generaría un aumento del 10% en el uso del transporte público, pasando de 65.5% a 72.4%.

Esta disminución en el tiempo y por ende aumento de la velocidad del transporte público, en una ciudad tan congestionada como AMM solo se podría lograr con corredores especiales. Estos corredores especiales se dan en ciudades más grandes y congestionadas como son Ciudad de México, Bogotá o Curitiba. Se desarrolló un primer corredor en el AMM que es el corredor por la Av. Ruiz Cortines, el cual en su teoría es muy factible, pero la puesta en práctica no ha sido la adecuada, más que nada por los pequeños e inadecuados autobuses que se adquirieron, consiguiendo no satisfacer la demanda del transporte público.

Tabla 9

**Escenarios de cambios de la velocidad promedio del bus**

	Kilometro por hora					
Velocidad	15	14	12.38	11	10	9
Cambio	20%	10%	Actual	-10%	-20%	-30%
Viajes:						
Coche	2,201,949	2,477,192	2,752,436	2,912,077	3,027,680	3,192,826
Bus	5,775,299	5,500,056	5,224,812	5,065,171	4,949,568	4,784,422
Estructura:	7,977,248					
Coche	27.6%	31.1%	34.5%	36.5%	38.0%	40.0%
Bus	72.4%	68.9%	65.5%	63.5%	62.0%	60.0%

Fuente: Elaboración propia

Consideraremos ahora como afectaría el reducir los tiempos de espera del transporte público, que actualmente tiene una media de 10 minutos, como se muestra en la Tabla 10. Si reducimos el tiempo de espera a 6 minutos, el uso del bus pasará de 65.5% a 69.3% es decir, un aumento 5.8%. Esta disminución se podría dar si las rutas del transporte público tengan horarios establecidos.

Tabla 10

**Cambios en el tiempo de espera del bus**

	Minutos					
Tiempo espera:	14	12	10	8	6	4
Cambio	40%	20%	Actual	-20%	-40%	-60%
Viajes:						
Coche	2,993,274	2,888,957	2,752,436	2,587,290	2,449,668	2,339,571
Bus	4,983,974	5,088,291	5,224,812	5,389,958	5,527,580	5,637,677
Estructura:	7,977,248					
Coche	37.5%	36.2%	34.5%	32.4%	30.7%	29.3%
Bus	62.5%	63.8%	65.5%	67.6%	69.3%	70.7%

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al tiempo que las personas tienen que caminar para tomar el bus, en la actualidad es de 7 minutos, si se produjera una disminución del 40% es decir que tengan que caminar 4 minutos, podría conducir a un incremento del 4% en el uso del bus, al pasar de 65.5% a 68.6%, como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11

**Cambio en el tiempo de a pie para tomar el bus**

	Minutos					
Tiempo a pie:	9	8	7	6	5	4
Cambio	40%	20%	Actual	-20%	-40%	-60%
Viajes:						
Coche	2,945,107	2,821,247	2,752,436	2,642,339	2,587,290	2,504,717
Bus	5,032,141	5,156,001	5,224,812	5,334,909	5,389,958	5,472,531
Estructura:	7,977,248					
Coche	36.9%	35.4%	34.5%	33.1%	32.4%	31.4%
Bus	63.1%	64.6%	65.5%	66.9%	67.6%	68.6%

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

En el AMM el desarrollo urbano no ha sido controlado, ha crecido sin un plan de desarrollo coherente. Teniendo sectores deshabitados y con muy buenos servicios, como es el centro, la ciudad ha crecido hacia la periferia expandiéndose en forma horizontal y no en forma vertical (edificios).

Sectores antes lejanos como lo eran García, Salinas o Juárez, ahora se encuentran incluidos dentro de la ciudad. Sumado al rápido crecimiento poblacional experimentado, la baja calidad del transporte público y los coches cada vez más accesibles debido a sus bajos precios y créditos accesibles, ha generado un incremento desmedido en el número de vehículos en circulación.

Los diferentes estudios indican (planes estatales de transporte) que en los últimos 5 años se ha incrementado en un 20% los viajes del transporte privado, consecuencia del elevado parque vehicular de un millón 600 mil vehículos. Proyectándose que para el año 2020 las obras viales que se necesitarán para soportar el creciente parque vehicular serán de 7 mil millones de dólares destinadas mayormente a favorecer el uso del carro.

Las obras desarrolladas son inmediatamente superadas en sus capacidades, por ejemplo, el desarrollo vial de Av. Leones o Av. Morones Prieto con sus avenidas express. Todo esto genera un círculo vicioso de la movilidad urbana; al incrementar la capacidad vial, se incrementa la velocidad promedio, por lo que se genera un incentivo para aumentar el número de coche, lo que traerá más congestión.

El transporte público en el AMM especialmente los camiones urbanos, siguen un desarrollo de un sistema radial en que el centro es el polo central de la mayoría de las rutas de la ciudad. Estos ofrecen un mal servicio, especialmente en la calidad de sus unidades, inseguridad; rutas que no llevan al destino final solamente con transbordos y precios relativamente altos en relación al promedio nacional. Hace falta una política integral del transporte, que permita redistribuir las rutas, de tal forma que se complemente en base a un tronco común que podría ser el metro y que no compitan por nichos de mercado concentrados, como sucede en estos momentos.

La opción natural a resolver la problemática del sistema de transporte del AMM es el uso ordenado y eficiente del transporte público. Es por eso que es primordial conocer en primer lugar el comportamiento de los usuarios, de esta manera se puede dirigir las políticas hacia los aspectos más valorados. De esta forma, los se

podrá saber qué aspectos valora más una persona al momento de elegir su medio de transporte se podrá influir en base a ellos en la toma de decisiones de las políticas públicas.

Dentro de la economía del transporte existen modelos que permiten cuantificar estos determinantes, los que se basan en la teoría del comportamiento del consumidor, los cuales son aplicables a modelos de elección cualitativa. Como se observa en el Marco Teórico, existen varios modelos que pueden ser adaptados dependiendo de la información que se posee. Incluyendo incluso la nueva economía urbana, la cual se basa más en la forma urbana de la ciudad.

De las elasticidades obtenidas del modelo de elección modal podemos concluir, que las elasticidades directas del coche son más bajas que las elasticidades directas del camión urbano. Es decir, que un cambio en el precio del transporte público tendrá un efecto mucho mayor sobre el uso del camión urbano, de casi tres veces si el efecto es lo contrario, es decir, el cambio generaría el precio de la gasolina sobre el uso del coche.

Lo que podemos decir es que, las personas que usan el transporte público son mucho más sensibles ante cambio del precio de las tarifas que los usuarios de coche ante cambios de la gasolina.

Con respecto al tiempo, la elasticidad directa del camión urbano es mayor que la del coche. Es decir, los usuarios del transporte público son mucho más sensibles ante cambios de costos y de tiempos, que las personas que tienen coche.

En lo concerniente al tiempo de espera y de camino, las elasticidades cruzadas son mucho mayores a la directa, que va en relación a la elasticidad del camión urbano. Los efectos cruzados del tiempo de espera y de camino tienen mayor magnitud para el caso del coche, en casi 3 veces con respecto al directo. Es decir, si se incrementa el tiempo de espera y de camino sin cambiar el del coche, se incrementara en 0.39 puntos porcentuales el tiempo de camino y de 0.35 puntos porcentuales el tiempo de espera. Este tiempo afecta fuertemente en la decisión de tener coche, mucho más que con la decisión de tomar camión.

Con las combinaciones de estrategias y sensibilidades presentadas en la sección de escenarios, podemos concluir que, aunque el incremento de la gasolina sea constante a través del tiempo, en términos absolutos el uso del coche aumentará, como consecuencia del aumento del número de viajes. Pero irá disminuyendo en términos relativos el uso del coche, como porcentaje del total del viaje.

Según los escenarios expuestos con la variable tiempo, podemos decir, que es la variable que más influye en los porcentajes de disminución del uso del transporte

público, tanto en el tiempo de camión, como en los tiempos de espera y de camino.

No podemos aseverar que los resultados obtenidos sean enteramente iguales a la realidad. Pero lo que si podemos aseverar, es que reducir el tiempo de viaje del camión urbano puede ser una política muy efectiva, ya que el valor de la elasticidad en este concepto es mayor a uno y el efecto cruzado también es alto. Con lo que podemos concluir que uno de los efectos mayores del alza de viajes en coche en el AMM es producto de la variable tiempo en el transporte público, que es prácticamente el doble al del coche.

En nuestro estudio podemos concluir también que el costo es la segunda variable importante en la elección de usar el transporte público, ya que el valor de la elasticidad por este concepto es prácticamente unitaria y el efecto cruzado, el efecto sobre el uso del coche, es también alto, considerándose también como un factor en alza de viajes en coche en el AMM.

En resumen, el tiempo sigue siendo el factor primordial en la toma de decisiones del transporte público, pero no es el único, ahora es también el costo de las tarifas. Por lo que cambiar las estructuras de viajes y generar vías exclusivas para el transporte público, es esencial en la disminución del tiempo. Pero no es la única, además hay que generar un transporte barato y eficiente. Es por eso que las políticas públicas en el tema transporte, tienen que estar orientados a disminuir estas variables.

## Bibliografía

**ALONSO, William**, et al. Location and land use. Toward a general theory of land rent. *Location and land use. Toward a general theory of land rent.*, 1964.

**BECKER, Gary S.** A Theory of the Allocation of Time. *The economic journal*, 1965, p. 493-517

**DOMENCICH, Thomas A.; MCFADDEN, Daniel.** *Urban travel demand-a behavioral analysis.* 1975.

**DESERPA, Allan C.** A theory of the economics of time. *The Economic Journal*, 1971, vol. 81, no 324, p. 828-846.

**EL-HIFNAWI, M. Baher.** *Modeling the determinants of automobile ownership in developing cities: The case of Monterrey, Mexico.* Harvard Institute for International Development, Harvard University, 1998.

**GALÁN GONZÁLEZ, José Raymundo.** Posesión de coches y elección modal: El caso del área metropolitana de Monterrey. *Ensayos*, 2004, vol. 23, no 1, p. 77-138.

**KAIN, John; EL-HIFNAWI, Baher.** Modal split model for the work trip in Monterrey. *Revista Ensayos, UANL*, 1994, vol. 13, no 2, p. 101-117.

**MANSKI, Charles F.; MCFADDEN, Daniel.** Alternative estimators and sample designs for discrete choice analysis. *Structural analysis of discrete data with econometric applications*, 1981, p. 2-50.

**WHITE, Michelle J.** Firm suburbanization and urban subcenters. *Journal of Urban Economics*, 1976, vol. 3, no 4, p. 323-343.