UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

VALOR SUBJETIVO DEL TIEMPO INDIVIDUAL CONSIDERANDO LAS RELACIONES ENTRE BIENES Y TIEMPO ASIGNADO A ACTIVIDADES

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA MENCION TRANSPORTE
MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO CIVIL

CRISTIAN ANGELO GUEVARA CUE

PROFESOR GUIA:
SERGIO R. JARA DIAZ

MIEMBROS DE LA COMISION:
FRANCISCO J. MARTINEZ CONCHA
MARCELA A. MUNIZAGA MUÑOZ
JUAN DE DIOS ORTUZAR SALAS

SANTIAGO DE CHILE
DICIEMBRE 1999

TABLA DE CONTENIDOS

A María, Amparo, Gabriel,
Gabriela y Mónica

a Erika y al pequeño
sol que lleva dentro

y a todos los seres humanos
excelentes que conocí en mi paso por Beaucheff.

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es contribuir a la comprensión de los viajes en el contexto de las actividades que los motivan, a través de la interpretación microeconómica del Valor subjetivo del tiempo de viaje (VSTV).

Como primer paso, se revisó la literatura relevante, comparando y relacionando los distintos aspectos de los enfoques utilizados, poniendo especial énfasis en el desarrollo de un análisis común para la interpretación microeconómica del VSTV.

Luego, a partir un modelo de comportamiento que contempla relaciones entre el tiempo asignado a actividades y el consumo de bienes, se derivó una expresión teórica para el VSTV. En ésta, además de aparecer los términos propuestos anteriormente en la literatura, es decir, el Valor de ahorrar tiempo de viaje, el Valor del tiempo como recurso y el Valor del tiempo asignado al viaje y al trabajo, se introdujo un nuevo elemento asociado al ahorro en consumo de bienes debido al ahorro en tiempo asignado a una actividad determinada. Del mismo modo, se demostró que el VSTV estimado de los modelos de partición modal corresponde al Valor subjetivo de ahorrar tiempo de viaje.

Por otra parte, se desarrollaron cinco modelos de asignación de tiempo a actividades asociados a diferentes supuestos, los que van desde sólo considerar el tiempo asignado, a considerar además el consumo de bienes, su relación con el tiempo asignado y la posibilidad de que existan restricciones de tiempo mínimo activas. Si se contara con la información necesaria para estimar éstos cinco modelos, sería posible calcular todos los términos que explican el VSTV analizados en esta tesis.

Finalmente, a partir de un banco de datos de asignación de tiempo a actividades y uno de elección discreta de modo, se estimaron tres de los cinco modelos desarrollados, con lo que se obtuvo valores empíricos para el Valor de ahorrar tiempo de viaje, el Valor del tiempo como recurso, el Valor de asignar tiempo al viaje y al trabajo, además de la razón entre los parámetros de la función de utilidad de ciertas actividades, todos los cuales resultaron coherentes con los supuestos realizados en cada caso. Esto permitió entender de mejor manera la relación entre las diversas componentes del VSTV, aspecto que no había sido tratado anteriormente en la literatura.

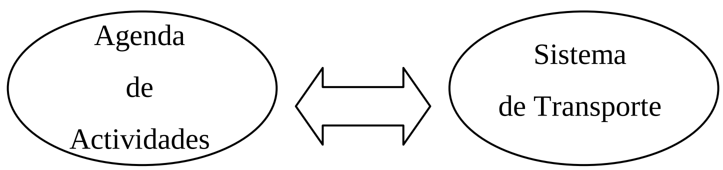
1 INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

La motivación original de esta tesis se puede sintetizar en la siguiente pregunta:

¿Cómo influye la determinación de la agenda de actividades en las diferentes decisiones de transporte?

Esta pregunta proviene de entender la demanda por viajes como una demanda derivada, que nace de la combinación entre los deseos, necesidades y restricciones a las que se enfrentan los individuos cuando participan en ciertas actividades, en determinados instantes y lugares. En otras palabras, en vez de analizar en forma aislada los viajes, se busca investigar las relaciones entre las decisiones que involucran la agenda de actividades y el sistema de transporte en general.



El estudio de este fenómeno en la literatura es extenso y heterogéneo. Por un lado existe un enfoque denominado *Basado en Actividades* con una serie de trabajos que, sin un marco teórico común, se dedican al estudio de la forma en que el sistema de actividades afecta el sistema de transporte, ya sea calibrando modelos econométricos, donde determinados factores causales buscan explicar el comportamiento de los individuos o bien, planteando modelos conceptuales sobre la forma en que éstos toman las decisiones de participación, la programación y asignación de tiempo a actividades. Por otra parte, existe una serie de trabajos basados en la teoría microeconómica que son útiles para el estudio de los viajes en este contexto. Este enfoque, que llamaremos *Microeconómico*, tiene su punto de partida en el trabajo realizado por Becker (1965) y consiste en suponer que el comportamiento del individuo puede ser modelado considerando que éste maximiza cierta función de preferencias (utilidad) sujeto a una serie de restricciones. Los argumentos de la función de utilidad y las restricciones que se consideren, determinan las características y la capacidad explicativa de cada modelo.

Con respecto a los argumentos de la función de utilidad considerados en los modelos microeconómicos, la teoría neoclásica considera que estos deben ser los niveles de consumo de los distintos bienes, en cambio

DeSerpa (1971) señala que, al vector de bienes, debe agregarse un vector de tiempo asignado a las actividades, que caracterizaría a los bienes consumidos. Por otra parte, Evans (1972) plantea que la función de utilidad debiera depender exclusivamente del vector de actividades, ya que éstas constituirían el objeto de decisión de los individuos. Por último, tanto Bruzelius (1979) como Jara Díaz (1998) señalan que lo más correcto es considerar ambos vectores como argumentos de la función de utilidad, en el entendido de que las actividades son los objetos de decisión de los individuos y que los bienes cumplen el rol de caracterizarlas y asociarles niveles cualitativos. Este último enfoque es el utilizado en esta tesis.

Con respecto a las restricciones a utilizar en la modelación microeconómica del comportamiento, la consideración del vector de tiempo y el de bienes hace necesario incluir, además de las restricciones de tiempo e ingreso, una serie de relaciones entre éstos, que se denominan funciones de transformación, y que son establecidas en forma genérica por Jara Díaz (1994). Dentro de este tipo de restricciones se encuentra la planteada por DeSerpa (1971) que establece la necesidad de contar con un tiempo mínimo para consumir los bienes que se adquieren y la planteada por Evans (1972), que relaciona el tiempo asignado a diferentes actividades.

Calderón (1999) muestra que todas las funciones de transformación posibles de considerar se podrían reducir a tres clases: una del tipo DeSerpa, donde el tiempo mínimo asignado a cada actividad depende del vector de bienes; otra que considera tiempos mínimos en forma exógena y una última restricción, no considerada anteriormente en la literatura, que indica que para realizar un determinado vector de actividades es necesario contar con ciertos niveles mínimos de consumo.

A partir del enfoque microeconómico definido en Calderón (1999), esta tesis se centra en el análisis del Valor subjetivo del tiempo. De esta manera, la pregunta general señalada al principio de este documento se transforma en la siguiente pregunta específica.

¿Cómo influye la agenda de actividades en la interpretación y análisis del Valor subjetivo del tiempo?

Para responder esta pregunta, será necesario investigar las diferentes definiciones e interpretaciones del concepto de Valor subjetivo del tiempo de viaje en un contexto de asignación de tiempo a actividades y consumo de bienes. Este concepto, a pesar de ser clave en el análisis de sistemas de transporte, tiene diversas interpretaciones, a veces contradictorias, en la literatura, por lo que el desarrollo de un enfoque único resulta relevante.

1.2 Objetivos

El objetivo general de esta tesis es contribuir, desde una perspectiva microeconómica, a la comprensión del concepto de Valor subjetivo del tiempo asignado a actividades, analizando las propiedades de valores deducidos a partir de diversos enfoques de modelación.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar una exhaustiva revisión bibliográfica respecto a los diversos enfoques de modelación del Valor subjetivo del tiempo y asignación de tiempo a actividades, clasificándolos y relacionándolos, con el objeto de desarrollar un enfoque único de análisis.

- Analizar la implicancia teórica, en el Valor subjetivo del tiempo, de la inclusión de funciones de transformación entre bienes y tiempo como las planteadas por Calderón (1999).

- Estimar, a partir de un banco de datos de asignación de tiempo a actividades y partición modal, modelos que permitan enriquecer el análisis del Valor subjetivo del tiempo, a partir de los enfoques analizados.

En síntesis, en esta tesis se realizarán aportes teóricos, metodológicos y empíricos al análisis del concepto de Valor subjetivo del tiempo en el contexto de la realización de actividades

1.3 Estructura

Esta Tesis esta formada por cinco capítulos. En el **capítulo dos** se revisa y comenta la literatura relacionada con la modelación del comportamiento del consumidor, la asignación de tiempo a actividades, los modelos de elección discreta y el Valor subjetivo del tiempo, relacionando los diversos enfoques.

En el **capítulo tres** se desarrolla la base teórica para analizar el fenómeno de la asignación de tiempo a actividades, las elecciones discretas y el concepto de Valor subjetivo del tiempo, poniendo especial énfasis en el efecto de considerar funciones de transformación entre bienes y tiempo como las planteadas por Calderón (1999).

En el **capítulo cuatro** se desarrolla un aplicación empírica de los enfoques analizados. Primero se especifican teóricamente los modelos y luego se describe el banco de datos disponible para, finalmente, realizar la estimación de los modelos y analizar los resultados obtenidos

Por último, en el **capítulo cinco** se entregan las conclusiones generales de la tesis, analizando los resultados teóricos y empíricos, destacando los principales aportes y señalando posibles líneas de investigación futura.

2 ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA ASIGNACIÓN DE TIEMPO A ACTIVIDADES, LAS ELECCIONES DISCRETAS Y LA VALORACIÓN DEL TIEMPO

2.1 Introducción

En este capítulo se revisa de manera crítica la literatura relacionada con la modelación de la asignación de tiempo a actividades, las elecciones discretas y el Valor subjetivo del tiempo, con el objetivo de desarrollar un marco teórico coherente para el análisis del comportamiento individual, a partir del concepto de Valor del tiempo, en el próximo capítulo.

Tal como se señalaba en el capítulo anterior, la literatura disponible es extensa y heterogénea. Sin embargo, es posible clasificar los trabajos en dos grandes grupos, no siempre excluyentes, que denominaremos *Basados en Actividades* y *Microeconómicos*.

Dentro del primer grupo es posible identificar tres categorías de enfoques utilizados, que denominaremos *Empíricos*, *Conceptuales* y *Estadísticos*, y que son presentados en el punto 2.2. Del mismo modo, los trabajos *Microeconómicos* pueden clasificarse en tres categorías, que corresponden a los enfoques de *Producción en el hogar*, *Continuo* y *Discreto*, que son analizados en el punto 2.3. En el punto 2.4 se realiza un análisis critico de la literatura microeconómica, en cuanto al tratamiento que se hace del concepto del Valor subjetivo del tiempo, comparando los trabajos e identificando los principales aportes. El capítulo concluye con una síntesis, conclusiones y objetivos para el próximo capítulo.

2.2 Modelos Basados en Actividades

2.2.1 Identificación y Clasificación

Goodwin (1983) define los trabajos del tipo *Basados en Actividades* como aquellos que estudian los patrones revelados de viaje en el contexto de una estructura de actividades, de un individuo u hogar, enfatizando la importancia de las restricciones de tiempo y de espacio. La idea principal de este enfoque es que, dado que los viajes son producto de las necesidades y deseos de los individuos por participar en ciertas actividades que ocurren en ciertos momentos y lugares, no tiene sentido realizar el análisis tradicional que examina cada viaje por separado, sino estudiar todo el proceso que los motiva.

Este enfoque nace a fines de los años 70 . En un principio se dedicó en forma casi exclusiva a relacionar empíricamente factores observables con indicadores del comportamiento de viaje, siendo su desarrollo más bien fragmentado y carente de una base teórica o metodológica. Sin embargo, la ausencia de una teoría que aglutinara las ideas del área, se vería compensada por la considerable cantidad de conceptos y métodos desarrollados, que, aunque con poca aplicación práctica, permitieron entender de mejor manera el desarrollo de los viajes en el contexto de las actividades. (Kitamura, 1988).

Es posible clasificar este tipo de trabajos en dos grandes grupos: las investigaciones de tipo *Empírico* y las de tipo *Conceptual* que serán definidas más adelante. Fuera de estos dos grandes grupos se encuentra un tercer tipo de enfoque, que llamaremos *Estadístico*, en el cual se encuentra sólo el trabajo de Hautzinger (1981).

2.2.2 Enfoque Empírico

Este enfoque corresponde a estudios donde se busca demostrar la influencia de ciertas características de los hogares, de los individuos o medioambientales, en las decisiones de viaje, mediante la estimación de modelos que contengan variables representativas de las características señaladas.

Como ejemplos de este tipo de investigaciones es posible reconocer, entre otros, el trabajo de Goodwin (1983) para verificar que los niños imponen fuertes restricciones en actividades y patrones de viaje a todos los miembros de una familia ; el trabajo de Kitamura y Kostyniuk (1986) para comprobar que la influencia de la posesión de automóvil en el comportamiento decrece con la motorización ; o el trabajo de Hanson y Hanson (1981) para comprobar que las mujeres casadas que trabajan realizan un número de viajes con múltiples paradas levemente superiores a las solteras en la misma condición.

Por otra parte, Wigan y Morris (1981) estudian la restricción de tiempo y analizan las actividades desde un punto de vista sociológico y geográfico en un contexto de transporte. Utilizan modelos estocásticos y de maximización de la entropía para identificar la relación entre diferentes actividades y el tiempo que se les asigna. El tiempo de viaje es analizado como función de la etapa en el ciclo de vida en que se encuentra la familia, poniendo especial énfasis en la combinación de viajes, la sustitución de destinos y en actividades como dormir u ocio.

Como ejemplo de una aplicación reciente de este tipo de enfoque, se puede señalar el trabajo de Lu y Pas (1999), en el que se analiza la relación de variables sociodemográficas con la asignación de tiempo a actividades y el comportamiento de viaje.

La principal crítica realizada a este tipo de trabajos es que carecen de una base teórica común. Sin embargo, es posible señalar que una característica presente en gran parte de ellos, es la utilización de datos de preferencias reveladas y la del principio de maximización de la utilidad aleatoria. Otras críticas se refieren a que estos trabajos frecuentemente utilizan métodos estadísticos que no permiten capturar adecuadamente la compleja naturaleza del fenómeno analizado e incluso, que existirían problemas con la definición de conceptos básicos, como el de un viaje, que harían difícil el análisis comparativo de los resultados empíricos obtenidos por este tipo de modelos.

2.2.3 Enfoque Conceptual

La necesidad de dotar de una base teórica a los estudios empíricos existentes, motivó una serie de trabajos que consideran explícitamente la forma en que los individuos toman sus decisiones a través del planteamiento teórico de una secuencia de módulos de decisión. Este tipo de estudios también son llamados *eclécticos* (Axhausen y Gäarling, 1992) debido a que utilizan diversos enfoques teóricos en la modelación del comportamiento del individuo, entre los que se cuenta la teoría de la maximización de la utilidad.

Como ejemplo de este tipo de trabajos podemos señalar el realizado por Bhat y Koppelman (1993). Este trabajo se centra en el análisis de la generación de programas de actividades, aspecto que tradicionalmente se supone conocido y se define como una *agenda* de participación en actividades, que incluye la frecuencia, duración, y localización de las actividades y los modos de transporte a utilizar[1]. Este estudio no se pronuncia sobre la forma en que las decisiones serían tomadas dentro de cada módulo, limitándose a analizar el efecto de diversos aspectos en ellas.

El modelo conceptual del proceso de generación del programa individual de actividades (agenda) propuesto por Bath y Koppelman (1993) está representado por la Figura 2-1. Éste considera cuatro módulos principales: el de "Necesidades del Hogar", de "Posesión de Automóvil", de "Asignación de Tiempo" y de "Programación de Actividades". Dentro de cada módulo considera una serie de sub-módulos y factores que afectan la toma de decisiones.

Las actividades se clasifican en actividades de *subsistencia* y de *mantenimiento*. Dentro del primer grupo se incluye al trabajo o negocios relacionados con éste y dentro del segundo se consideran, las compras y el consumo de bienes y servicios para satisfacer las necesidades psicológicas y biológicas del hogar y/o individuales. Con respecto a las interrelaciones entre los miembros el hogar, estos autores plantean que la necesidad de ocio sería de carácter individual. en cambio, la asignación de tiempo al trabajo se vería afectada por una mezcla de factores individuales y familiares.

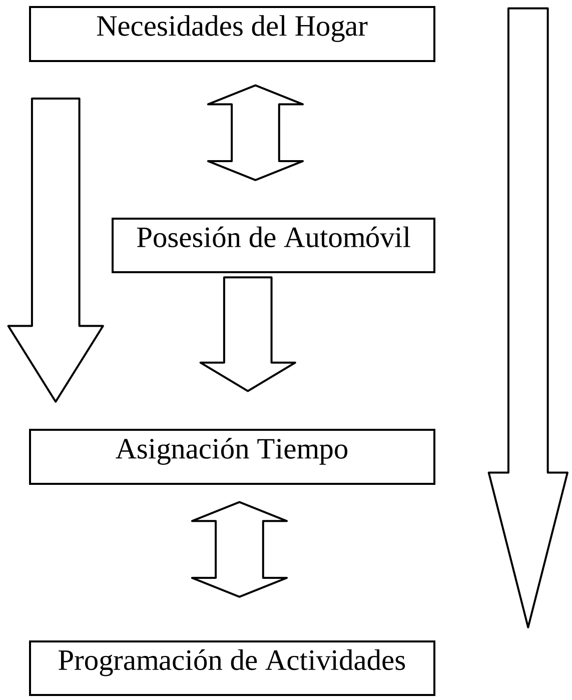


Figura 2-1 Modelo de Bhat y Koppelman (1993)

Recker *et al* (1986) desarrollan y aplican posteriormente un modelo de comportamiento que es llevado a versión computacional llamado STARCHILD (Simulation of Travel/activity Responses to Complex Household Interactive Logistic Decisions), donde se considera que la función de utilidad depende, tanto de las decisiones tomadas, como del proceso en que estas se llevan a cabo.

El modelo conceptual utilizado en STARCHILD, busca resolver tres problemas: La elaboración del *programa* de actividades, la generación de un conjunto de *patrones* de actividades factibles, dado el *programa* generado y por último, la especificación de un modelo de elección del mejor *patrón*. Por otro lado, también se analiza el efecto que tendría en el proceso de toma de decisiones de los individuos la participación potencial en actividades *no planificadas* y de la probabilidad de que exista tiempo suficiente para participar en actividades *planificadas*.

---

[1] Este concepto es diferente al de “patrón de actividades”, que incluye además de los aspectos señalados, el instante del tiempo (y por lo tanto el orden) en que las actividades son llevadas a cabo.

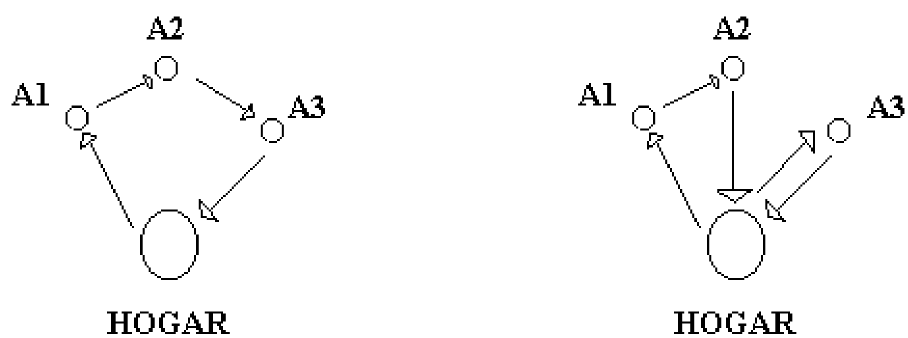
2.2.4 Enfoque Estadístico

Hautzinger (1981), plantea un modelo estadístico de generación de viajes en el contexto de la participación en actividades en el cual analiza su encadenación y la relación entre la frecuencia de actividades y el número total de viajes realizados. El autor señala que se cumple la siguiente identidad:

$$Y = N + K \tag{2.1}$$

donde *Y* es el número de viajes realizados, *N* el número de actividades fuera del hogar y *K* el número de *cadenas* o circuitos Hogar - alguna parte - Hogar que realiza el individuo y que sería, al igual que *N*, una variable aleatoria.

La validez de la identidad (2.1) se puede verificar en el ejemplo esquematizado en la Figura 2-2, donde A_i , i=1,...,3, representan a las actividades realizadas fuera del hogar.



Y= 4	Y=5
N=3	N=3
K=1	K=2

Figura 2-2 Encadenación de actividades

Haciendo una serie de desarrollos analíticos y ciertos supuestos sobre las distribuciones que tendrían las variables aleatorias *N* y *K*, obtiene la siguiente expresión para la frecuencia de viajes.

$$E(Y) = \lambda\left(1 + \exp\left[\lambda\left\{\exp(-\alpha) - 1\right\}\right] \right) \tag{2.2}$$

donde $\lambda = E(N)$, es el número esperado de actividades fuera del hogar, que dependería de la propensión del individuo a realizar este tipo de actividades, que se supone a su vez, dependiente de ciertos atributos observables, de tal forma que λ podría ser estimado a partir de la calibración de un modelo de demanda de actividades. El parámetro α >0, se define como la tendencia individual a encadenar actividades fuera del hogar, que debiera depender de las características del individuo.

Este enfoque para modelar el fenómeno de encadenamiento es utilizado por Huenupi (1998) para analizar microeconómicamente la generación de viajes urbanos.

2.3 Modelos Microeconómicos

2.3.1 Identificación y Clasificación

La modelación microeconómica del comportamiento de los individuos se basa en el supuesto de que éstos buscan maximizar cierta función de preferencias (utilidad), sujetos a una serie de restricciones. Dependiendo de los argumentos de la función de utilidad y de las restricciones que se consideren, se definen diferentes modelos asociados a diferentes fenómenos.

El modelo microeconómico de comportamiento *neoclásico* considera como argumentos de la función de utilidad, es decir, como el objeto el objeto de decisión de los individuos, al nivel consumo de determinada canasta de bienes. Por otra parte, como única restricción del problema considera la restricción de que el individuo no gaste más de lo que tiene, que se denomina restricción de ingreso. Formalmente, el modelo podría representarse de la siguiente manera:

$$Max \quad U = U(X_1,..., X_n) \tag{2.3}$$

$$\sum_{i=1}^{n} P_i X_i = I_f \tag{2.4}$$

donde U es la función de utilidad, X_i son bienes y servicios, P_i son sus precios, I_f corresponde al ingreso en dinero que una vez determinado es fijo, y (2.4) corresponde a la restricción de ingreso.

Con el objeto de modelar fenómenos como la demanda por tiempo de Trabajo o los viajes, se hace necesario incluir, en forma explícita, el tiempo asignado a ciertas actividades, lo que enriquece el modelo (2.3) – (2.4), generando nuevas posibilidades de interpretación y análisis del comportamiento de los individuos.

Si bien la literatura en este ámbito es muy extensa, es posible clasificarla en tres grupos, no siempre excluyentes, que denominaremos trabajos relacionados con el enfoque de *Producción en el hogar*, representados principalmente por Becker (1965); trabajos *Contínuos*, representados por DeSerpa (1971); y trabajos *Discretos*, representados por Train y McFadden (1978) y que están relacionados con la modelación de elecciones discretas. A continuación se presenta una síntesis y análisis de los trabajos que podrían clasificarse en estos tres grupos, examinando principalmente los argumentos de la función de utilidad y las restricciones utilizadas en cada uno.

2.3.2 Enfoque de Producción en el Hogar

2.3.2.1 Identificación y Descripción de Principales Trabajos

Este enfoque de modelación tiene su punto de partida en el trabajo realizado por Becker (1965), quien adapta la teoría de la producción de las firmas para su utilización en la modelación del comportamiento de los individuos, originando la llamada *teoría de la producción en el hogar*. La principal característica de los trabajos que utilizan este enfoque esta en considerar como fuente de utilidad de los individuos, no a los bienes, sino a los *Commodities* o *bienes finales* (Z_i) de los que ellos serían insumos.

En este enfoque, se considera que cada *bien final* es producido como una combinación de diferentes bienes de mercado (X_i) y tiempos de preparación (T_i) a través de una función de producción $\left(Z_i = f_i(X_i, T_i) \quad i = 1, \ldots, n\right)$. Por ejemplo, si consideramos como *bien final* una comida, sus insumos corresponderían a las combinaciones de alimentos, bienes de capital de la cocina y el tiempo de preparación de ésta.

La consideración del tiempo de preparación de los *bienes finales* en la modelación, amplía el conjunto de restricciones que enfrentaría el individuo en su proceso de toma de decisiones y constituye la diferencia fundamental del trabajo de Becker (1965) con el enfoque *neoclásico*.

Con respecto a los insumos relevantes en la producción de Z_i, Becker (1965) señala que el vector tiempo tiene como dimensiones sus distintos *aspectos*, de forma tal que, por ejemplo, las horas utilizadas en la semana laboral, sean distinguibles de aquellas utilizadas en la noche o el fin de semana, en atención a la variación en la productividad del tiempo en esas situaciones. Formalmente, el modelo planteado por Becker (1965) se puede sintetizar en el siguiente problema de optimización:

$$Max\ U = U\ (Z_1, \ldots, Z_m) \tag{2.5}$$

sujeto a

$$\sum P_i X_i = I = wT_W + I_f \tag{2.6}$$

$$\sum T_i = \tau - T_W \qquad (2.7)$$

donde T_W es el tiempo de trabajo, w es la tasa salarial, I_f representa los ingresos no laborales, τ corresponde al tiempo total disponible y Z_i representa el i-ésimo bien final.

Becker (1965) señala que las restricciones (2.6) y (2.7) no son independientes, ya que sería posible sustituir libremente bienes por tiempo usando menos tiempo en consumo y más en trabajo. Así, sustituyendo T_W de (2.7) en (2.6) se obtiene la expresión (2.8) que fusiona las restricciones de tiempo e ingreso.

$$\sum \pi_i Z_i = S \qquad (2.8)$$

donde $S = w\tau + I_f$ es el ingreso que el individuo podría generar si dedicara todo su tiempo a trabajar en el mercado y $\pi_i = P_i \frac{\partial X_i}{\partial Z_i} + w \frac{\partial T_i}{\partial Z_i}$

Michael y Becker (1973) incorporan una nueva variable explicativa a Z, que representaría el *ambiente de producción* y que podría interpretarse, en el caso de los bienes preparados en el hogar, como el clima, el horario de atención del comercio o la presencia de amigos durante la producción del *bien final*. Formalmente, esto significa considerar la siguiente función de producción:

$$Z_i = f_i(X_i, T_i, E) \qquad \text{i=1,...,n} \qquad (2.9)$$

donde Z_i es el i-ésimo *bien final*, resultado de una combinación de tiempo y bienes bajo el efecto de un determinado vector de variables ambientales E.

Con respecto a los insumos relevantes en la producción del *bien final* Z_i , Gronau (1977) propone que éstos no sean sólo bienes y servicios de mercado, sino también los producidos en el hogar. Otro aporte conceptual del autor, es la clara distinción que realiza entre el tiempo dedicado al trabajo y al ocio en el hogar. El autor señala que el trabajo en el hogar es algo que el individuo desearía que estuviera realizando otra persona, mientras que sería casi imposible disfrutar del ocio a través de otro individuo.

Una de las debilidades del modelo de Becker (1965) es que supone que los individuos no tienen preferencias sobre la forma en que disponen su tiempo, más allá de cualquier preferencia que tengan por los bienes finales de que éste es insumo, es decir, no incluye los tiempos asignados a las actividades como argumentos de la función de utilidad. En este sentido, Pollak y Watcher (1975) señalan que el tiempo asignado a la producción de bienes finales es también fuente de utilidad directa. Con esta consideración demuestran que Becker (1965) calcula correctamente la asignación de tiempo sólo para hogares que son indiferentes a sus usos de tiempo o que presentan retornos constantes a escala en el uso de bienes.

Otra crítica que se puede hacer al trabajo de Becker (1965) es que en éste no se hace una distinción clara entre tiempo de preparación y tiempo de consumo. En efecto, originalmente el tiempo se define como tiempo de preparación, pero luego se denomina tiempo total de consumo a la diferencia entre el tiempo disponible y el tiempo de trabajo (pp. 496).

De Donnea (1971), mejorando el trabajo de Becker (1965), considera como argumentos de la función de utilidad, además de los *bienes finales*, al tiempo necesario para producirlos. El modelo planteado por el autor, para el caso de trabajo variable, es el siguiente:

$$\begin{aligned} & Max \quad U\left(Z_1,...,Z_m,T_1,...,T_m,T_1^V{}_i...,T_n^V,T_W\right) \\ & wW-\sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}P_k X_{ki}-\sum_{k=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}P_k X_{ki}^V=0 \quad \rightarrow \lambda \\ & \tau-\sum_{i=1}^{m}T_i-\sum_{i=1}^{m}T_i^V-T_W=0 \quad \rightarrow \mu \end{aligned} \tag{2.10}$$

donde se supone que, para producir *m* bienes finales $\left(Z_1,...,Z_m\right)$ de duración $\left(T_1,...,T_m\right)$, en los cuales se consumen *m* bienes $\left(X_1,...,X_m\right)$ y se asigna tiempo a *m* actividades $\left(T_1,...,T_m\right)$ respectivamente, el individuo necesita realizar *n* viajes de duración $\left(T_1^V,...,T_n^V\right)$, en los cuales se consume un vector de bienes $X^V{}_i=\left(X^V{}_{1i},,,,X^V{}_{ki}...,X^V{}_{ni}\right)$.

Por otra parte se supone que los tiempos asignados y los bienes consumidos, tanto los viajes como la producción de los *bienes finales*, se relacionan con Z_i a través de la función de producción *f(.)*, que tiene la siguiente expresión:

$$Z_i=f\left(X_i,X_i^V,T_i,T_i^V\right) \tag{2.11}$$

Cabe destacar que, si bien De Donnea (1971) considera al tiempo de trabajo en la función de utilidad, no lo considera como insumo en la producción de ningún Z_i . Por otra parte, el autor considera un viaje asociado a cada actividad.

Gronau (1986) realiza varios aportes al enfoque de producción en el hogar. Denomina como *actividades* a los *bienes finales* definidos por Becker (1965) e incluye como argumentos de la función de utilidad a actividades como el trabajo o el viaje, aceptando que éstas pueden generar (des)utilidad al individuo. Para efectos analíticos plantea medir las actividades *Zi* en su tiempo de duración, con lo que obtiene interesantes resultados en cuanto al Valor del tiempo, la partición modal y la sustitución entre actividades.

Gronau (1986) señala que algunos autores afirman que el enfoque de producción en el hogar resulta innecesariamente complejo, ya que todas las implicancias teóricas del modelo podrían ser derivadas de manera más simple incorporando en forma directa el tiempo asignado a las actividades como argumento de la función de utilidad en vez de los Z_i. Según el autor, estas críticas serían correctas, pero decide obviarlas (pp. 301) señalando que este enfoque, si bien es más complejo, conceptualmente es más correcto (según señalan Michael y Becker, 1973) ya que separa expresamente los recursos (bienes y tiempo) de los objetos de decisión de los individuos (actividades).

Por otra parte, a partir de una revisión de la teoría de la modelación microeconómica del comportamiento desde sus orígenes, Juster (1990) señala que los flujos de utilidad de los individuos provendrían de las actividades que éstos llevan a cabo (comer, conversar, jugar tenis, etc.) dependiendo de los bienes involucrados en su realización, los que podrían ser consumidos por entero en dichas actividades o bien trascenderlas. Formalmente, el modelo contempla la siguiente función de utilidad:

$$U = U(X, Z, T, K_0, K_1) \qquad (2.12)$$

donde X es un vector de bienes de mercado, que serian fuentes de *calidad* para la actividad, Z son *bienes finales* producidos en el hogar, K_0 stock de capital inicial, K_1 stock de capital al final del período y T es un vector de tiempo asignado a diferentes actividades.

A Continuación, Juster (1990) indica que todos los Z_i serían insumos en lo que define como *procesos de beneficio de los usos de tiempo*, PB_i, de forma tal que la función de utilidad podría expresarse de la siguiente manera:

$$U = U(PB_i, T, K_0, K_1) \qquad (2.13)$$

y donde el problema de maximización estaría sujeto, además de las restricciones de tiempo e ingreso, a una restricción de capital inicial.

Cabe destacar que la principal debilidad del planteamiento (2.13) es que se basa en procesos subjetivos (los PB_i) que no pueden ser observados directamente ni transados en el mercado, por lo que sus resultados no pueden ser contrastados fácilmente con el comportamiento observado.

Lancaster (1966) plantea un modelo microeconómico de comportamiento más complejo que el de Becker (1965). En éste se supone que el individuo combina bienes y tiempo no laboral en la producción de actividades, sujeto a restricciones de tiempo e ingreso, con el fin de obtener un vector de *atributos* o *características* óptimo.

Esta modelación considera transformaciones lineales entre tres espacios vectoriales: (1) el de los bienes y el tiempo;(2) el de las actividades; y (3) el de las *características* o *atributos* (Z).

Con respecto a los viajes se supone que la función de utilidad no depende, ni de los modos elegidos, ni de las actividades a las que esos viajes permiten acceder, sino de las *características* o *atributos* que ellos permiten generar. Por otra parte, se considera al ingreso como fijo y no se considera el tiempo de Trabajo como argumento de la función de utilidad.

Formalmente, el modelo planteado por el autor es el siguiente:

$$\begin{aligned} &Max \quad U = U(Z) \\ &\tau - \sum_i T_i - T_W = 0 \\ &P^T X = I_f \end{aligned} \tag{2.14}$$

al que se agregan, lo que el autor define como, las *restricciones técnicas*:

$$\begin{aligned} Z &= BY \\ X &= AY \\ T &= CY \end{aligned} \tag{2.15}$$

donde *A*, *B* y *C* son matrices que relacionan a los vectores de características *Z*, bienes *X* y tiempo *T* y se supone que todas la variables son mayores o iguales que cero. Ahora bien, si se asume que *A* y *C* son invertibles, este modelo se reduce al planteado por Becker (1965)

Dalvi (1978) utiliza el enfoque anterior junto con el de DeSerpa (1971) (que es analizado más adelante) para estudiar el concepto del Valor subjetivo del tiempo. Formalmente, plantea el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} &Max \quad U = U(Z) \\ &\tau - \sum_i T_i - T_W = 0 \quad \rightarrow \mu \\ &P^T X = I_f \quad \rightarrow \lambda \end{aligned} \tag{2.16}$$

El autor supone que las matrices *A* y *C* planteadas en (2.15), son invertibles, de forma tal que estas restricciones se pueden reducir a las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} &X_i = a_i Z_i \quad \rightarrow \psi_i \\ &T_i \geq c_i Z_i \quad \rightarrow K_i \end{aligned} \tag{2.17}$$

donde la segunda restricción de desigualdad, indica que el tiempo mínimo que se debe asignar para la obtención de la característica Z_i , debe ser $c_i Z_i$, pero puede ser mayor si el individuo así lo desea.

2.3.2.2 Aplicaciones Específicas

- **Modelación del tiempo de sueño**

La mayor parte de los modelos suponen que el tiempo dedicado a dormir o a necesidades biológicas, es exógeno; de hecho, Bates y Roberts (1986) señalan que la valoración de una reducción de tiempo en esta actividad se puede interpretar como el *Valor del tiempo como recurso*[2], en el entendido de que esta reducción de tiempo resulta equivalente a un alargamiento de las horas del día. Por el contrario, Biddle y Hamermesh (1990) suponen que el tiempo asignado al sueño es endógeno. Los autores plantean un modelo de demanda por tiempo de sueño, a partir del siguiente modelo teórico del tipo *Producción en el hogar*:

$$Max U(Z, T_S) \tag{2.18}$$

$$\tau = T_Z + T_S + T_W \tag{2.19}$$

$$PX = w(T_S) T_W + I_f \tag{2.20}$$

[2] Ver 2.4 para una definición del Valor del tiempo como recurso.

donde X y T_Z representan a los bienes y los tiempos consumidos en la producción de Z respectivamente y T_S es el tiempo de sueño, que se supone que afecta la productividad del individuo y por ende su tasa salarial $w(T_S)$.

Analizando las condiciones de primer orden, el autor muestra la forma en que los parámetros del problema afectarían la demanda por tiempo de sueño.

- **Modelación de hogares**

Otro aspecto poco considerado en la literatura es la modelación de hogares considerando cada uno de sus miembros y sus interrelaciones. Un aporte en este sentido, lo constituye el trabajo de Graham y Green (1984), en el cual, a través de la estimación de una función de producción en el hogar cuyos insumos son el tiempo de ocio *efectivo* de marido y mujer y los bienes de mercado, los autores calculan el valor de la producción en el hogar y analizan el efecto de *joint production*, que se define como el grado en que el tiempo dedicado a producción en el hogar sirve a la vez como tiempo de ocio. Haciendo una aplicación empírica del marco teórico anterior los autores concluyen que existiría gran *jointness* entre el tiempo de producción en el hogar y el ocio, especialmente para las mujeres y que ambos miembros de la familia son más productivos en el mercado que en el hogar.

- **Modelación del patrón de actividades**

Por otra parte, Winston (1987) plantea un modelo que considera las decisiones individuales de Trabajo y Consumo, como el resultado de una elección óptima entre distintas actividades en cada instante del día, es decir, realiza un análisis dinámico de las decisiones de participación y asignación de tiempo a actividades bajo un marco microeconómico, donde los argumentos de la función de utilidad son a su vez función de instante de tiempo.

Formalmente, el modelo utilizado por el autor considera la siguiente función de utilidad y de producción en el hogar:

$$U = U\ (A(t), Z(t)\ )\ \text{con}\quad \partial U / \partial Z > 0; \partial^2 U / \partial Z^2 < 0 \qquad (2.21)$$

$$Z(t) = Z_{\mathrm{A(t)}}(X(t), t)\ \text{con}\quad \partial U / \partial X > 0; \partial^2 U / \partial X^2 < 0 \qquad (2.22)$$

donde *A(t)* es una función que asocia, a cada instante de tiempo *t*, una actividad y $Z_A(t)$ es una función de producción instantánea que describe la *intensidad Z(t)*, conque cada una de las diferentes actividades es realizada en el instante *t*.

El autor define la *intensidad* de la actividad, como la tasa en que ésta es realizada. Por ejemplo, si la actividad es un viaje o leer un libro, su intensidad será la velocidad con que se realiza el viaje o la lectura. Este concepto sería análogo, según el autor, al concepto de *tasa de flujo de producción* de la teoría de producción instantánea de una firma. Por otra parte, señala que existirían actividades, como escuchar un concierto o mirar el atardecer, cuya intensidad podría variarse muy poco, lo que sería análogo al concepto de *rigidez técnica* de la misma teoría. Por otro lado, este modelo supone que las actividades están definidas de tal manera, que se realiza una actividad a la vez.

Gracias a la modelación instantánea de las decisiones, este modelo permite abordar el problema de la determinación de un *patrón de actividades* y obtener valores del tiempo para cada actividad y condiciones necesarias y suficientes para la sustitución de una actividad por otra.

Supernak (1992) plantea un enfoque dinámico de decisiones de realización de actividades similar al enfoque de Winston (1987) pero en forma gráfica. Define las *acciones* como la suma de las actividades más los *esfuerzos* (viajes, espera, etc.). Señala que las decisiones serían tomadas en base a la utilidad esperada de las acciones, la que puede ser expresada, dado el enfoque gráfico utilizado, por las pendientes (es decir por la utilidades marginales del tiempo), siempre que se esté sobre cierto nivel mínimo.

El autor supone que el individuo conoce, con una probabilidad que se irá acercando a uno a medida que se vaya ejecutando la acción, el perfil de utilidad que se debería obtener, a través del tiempo, de la realización de la acción y, si en algún momento evaluara que este perfil no se está cumpliendo, el individuo podría decidir cambiarse de actividad.

Por otra parte, Supernak (1992) señala que el comportamiento de los individuos sería cuasi-óptimo debido a la falta de información sobre las alternativas disponibles. Por otro lado, indica que la competencia entre actividades no ocurre en el mismo instante, por lo que plantea que un enfoque por escenarios posibles sería más apropiado.

Por último, el autor estudia el fenómeno de la substitución entre *acciones*, en el que resultaría relevante definir correctamente las *acciones* a considerar como substitutas, pues algunas de éstas podrían, eventualmente, contener más de una *actividad*. Por ejemplo, en el caso de la *acción* “ir al cine”, que debiera ser comparada con “ver un vídeo en la casa” y luego “estudiar”, en vez de compararla sólo con “ver un vídeo en la casa”.

2.3.3 Enfoque Continuo

2.3.3.1 Identificación y Descripción de Principales Trabajos

La principal característica de esta clase de modelos es que, en vez de considerar a los *bienes finales* como el objeto de decisión de los individuos, considera a los vectores de tiempo asignado y/o bienes consumidos como variables endógenas.

Como el trabajo más representativo de este enfoque, consideraremos el realizado por DeSerpa en 1971, no por ser el primero[3], sino porque en éste se definen con claridad una serie de conceptos que enriquecen el análisis del comportamiento, especialmente con respecto al concepto de Valor del tiempo.

El modelo de DeSerpa (1971) considera una función de utilidad que no depende sólo de los bienes consumidos, sino que también del tiempo destinado a su consumo, el que cumpliría el rol de caracterizar a los bienes consumidos. Formalmente, el modelo planteado por el autor es el siguiente:

$$U = U(X_1,...,X_n,T_1,...,T_n) \qquad (2.23)$$

$$\sum P_i X_i = I_F \qquad (2.24)$$

$$\sum T_i = T \qquad (2.25)$$

$$T_i \geq a_i X_i \text{ , i=1,...,n} \qquad (2.26)$$

donde (2.24) es la restricción de ingreso, (2.25) la restricción de tiempo y (2.26) es una familia de restricciones, que el autor define como de tiempo de consumo mínimo, de forma tal que el individuo puede asignar un tiempo mayor a $a_i X_i$, pero nunca un tiempo menor. El parámetro a_i , debe ser interpretado como un tiempo mínimo de consumo por unidad de X_i, que podría ser determinado en forma *tecnológica*, como ocurre con el tiempo necesario para ver una película, o *institucionalment*e, como ocurre con los límites de velocidad impuestos por la autoridad en las vías.

Cabe señalar que en este modelo se incluyen todas las asignaciones de tiempo del individuo (T_i), cada una de las cuales estaría asociada, por simplicidad, al consumo de un solo bien (X_i). El hecho de que el ingreso I_f sea una cantidad fija y positiva de dinero, no significaría forzosamente que la variación de las horas de trabajo no implique una variación en el nivel de ingreso de los individuos, haciendo posible la sustitución de tiempo por dinero. El autor señala que, para dar cuenta de este efecto, sería necesario modificar un poco el modelo, definiendo a uno de los bienes *(X_w)* como trabajo, con $P_w<0$ y donde X_w P_w correspondería al ingreso y $T_w=a_wX_w$ entraría en la restricción de consumo. Según el autor la inclusión de estos aspectos provocarían pequeñas modificaciones al vector solución, complicando las propiedades del modelo sin agregar aspectos substanciales, sin embargo, en esta tesis se verá que la consideración de ingresos marginales sí resulta relevante.

Un año más tarde Evans (1972) plantea un modelo donde la utilidad que percibe el individuo no depende ni de los bienes, ni de los *bienes finales* que éste consume, sino sólo de las actividades que realiza y de las cuales los bienes son insumos. Formalmente, el autor plantea el siguiente modelo:

$$\text{Max } U = U(T) \tag{2.27}$$

sujeto a cuatro restricciones:

(a) la restricción de ingreso,

$$P^t QT \leq 0 \tag{2.28}$$

donde el vector de bienes X fue reemplazado por el producto de una matriz Q, con el vector de asignación de tiempo a actividades T, de tal modo que si q_i es el i-ésimo vector de Q, $P^t qi$ corresponde al costo de la actividad i-ésima por unidad de tiempo. Esto constituye la introducción explícita de una función de transformación lineal de bienes en tiempo (aunque no al revés pues la matriz Q no es invertible) al igual que lo hace la familia de restricciones (2.26) planteada por DeSerpa (1971).

(b) una restricción que relaciona el tiempo asignado a distintas actividades:

$$JT \leq 0 \tag{2.29}$$

donde la matriz J de dimensión *(m x n)*, corresponde a m restricciones de tiempo entre las n actividades. Como ejemplo de una restricción de la familia definida por (2.29) se podría establecer una relación entre el tiempo de viaje y el tiempo asignado a la actividad realizada en el destino, digamos, "ver una película en el cine". Esta restricción podría tener la forma $T_V >= bT_c$ donde T_V y T_C denotan el tiempo asignado a viaje y a estar en el cine y b es una constante, de forma tal que si b fuese igual a un tercio, la restricción

---

[3] Cabe señalar que algunos años antes, Johson (1966) plantea un modelo de asignación donde se considera al tiempo de trabajo como argumento de la función de utilidad. Como este trabajo está relacionados, más específicamente, con el análisis del Valor subjetivo del tiempo, será analizado más adelante.

indicaría que, por cada dos horas destinadas al cine, se necesitan como mínimo 40 minutos viajando, aunque el individuo podría decidir destinar más tiempo a viajar si así lo quisiera.

(c) una restricción de tiempo y (d) una restricción que impone que el tiempo asignado a las actividades sea no negativo:

$$\sum T_i = T \tag{2.30}$$

$$T \geq 0 \tag{2.31}$$

Por otra parte, Pollak y Watcher (1975) plantean el siguiente modelo de comportamiento:

$$\text{Max } U = U\ (X, T) \tag{2.32}$$

s.a.

$$\sum_s \sum_i P_i x_{si} + w \sum_s T_s \leq w\tau + I_f \tag{2.33}$$

donde x_{si} representa la cantidad del bien i-esimo necesario para realizar la actividad s, de la misma forma que el elemento q_{si} de la matriz Q , representa la cantidad del insumo *i* necesaria para realizar la actividad *s* en el modelo de Evans (1972). Cabe destacar que en este modelo las restricciones de ingreso y de tiempo se han fusionado, al igual que en Becker (1965), en la restricción (2.33) de tal forma que el modelo planteado Pollak y Watcher (1975) se diferencia del de Becker (1965) sólo por la consideración del tiempo de trabajo en el vector de actividades *T*.

Otro trabajo que modela microeconómicamente el comportamiento y que difiere de los anteriores principalmente en las variables consideradas como relevantes es el trabajo de Golob *et al* (1981). El modelo planteado por los autores es el siguiente:

$$Max \quad U(d_i, L, G) \tag{2.34}$$

$$\begin{aligned} &\sum_i c_i^d d_i + G = I_F \\ &\sum_i \frac{d_i}{v_i} + L = \tau \end{aligned} \tag{2.35}$$

donde, d_i corresponde a la distancia del viaje i-ésimo y c_i^d a su costo y v_i a la velocidad media en el modo elegido. La originalidad de este modelo está en considerar a la distancia de viaje como argumento de la función de utilidad directa, en el entendido de que existiría un compromiso entre calidad de las actividades y distancia que hay que recorrer para realizarlas.

2.3.3.2 Aplicaciones Específicas

- **Especificación de Modelos de demanda por asignación de tiempo a actividades**

Si bien gran parte de los trabajos que consideran en forma explícita el tiempo asignado a actividades en la modelación del comportamiento señalan la existencia teórica de funciones de demanda por tiempo asignado a actividades que debieran depender de los parámetros del problema, sólo un pequeño grupo de trabajos, dentro de los cuales se encuentran los señalados a continuación, estudia la especificación empírica de dichos modelos.

Kitamura (1984) plantea un modelo de elección discreta de participación en actividades y continuo de asignación de tiempo, en el que se considera, la siguiente función de utilidad directa:

$$U_j(T_j, q_j) \quad , j = 1,2,..., J, \tag{2.36}$$

donde T_j es el tiempo asignado a la actividad j y q_j es un vector de variables exógenas o características asociadas a esa actividad. De esta manera, bajo el supuesto de que la utilidad total corresponde a la suma de las utilidades asociadas a cada actividad, el autor plantea el siguiente modelo:

$$\text{Max } U(T_1,...,T_J, q) = \sum_{j=1}^{J} U_j(T_j, q_j) \tag{2.37}$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^{J} T_j = \tau \tag{2.38}$$

donde se supone que el tiempo asignado a cada actividad es no negativo. Ahora, considerando la siguiente especificación para la función de utilidad directa:

$$U_j = \xi_j \gamma_j f_j(q_j) \ln T_j \tag{2.39}$$

donde $f_j(q_j)$ es una función que indica la forma en que las características del actividad son percibidas por el individuo, ξ_j es un término de error positivo y que se supone independiente de las variables del problema y γ_j es un parámetro positivo. Cabe destacar que en (2.39) se considera el logaritmo del tiempo asignado para que la función de utilidad cumpla con el requisito de crecer con éste, pero a tasas decrecientes.

Suponiendo que el individuo asigna tiempo a todas las actividades, el autor obtiene la siguiente expresión para el tiempo asignado óptimo, que resulta ser una fracción del tiempo disponible:

$$T_j = \frac{\xi_j \gamma_j f_j(q_j)}{\sum_{i=1}^{J} \xi_j \gamma_i f_i(q_i)} \tau , \quad \text{j=1, 2, ..., J.} \tag{2.40}$$

Por otra parte, Munshi (1993) plantea un modelo de demanda por actividades donde se considera sólo al tiempo como argumento de la función de utilidad. Se supone que el individuo desea maximizar su utilidad, sujeto a una restricción de tiempo, la que se podría ver relajada ante eventuales mejoras en el transporte que reduzcan el tiempo de viaje, dando oportunidad a la realización de nuevas actividades fuera del hogar, con la consiguiente generación de viajes.

Para el análisis, supone que los bienes son separables del tiempo de ocio, que las horas de trabajo son fijas y que el gasto en dinero no influye en la decisión de asignar tiempo a las actividades, como supuesto simplificatorio para eliminar la restricción de ingreso. Además separa las actividades en dos componentes : no discrecionales (como trabajo o estudio) y discrecionales (como las actividades de diversión) dentro y fuera del hogar, aceptando actividades con ambas componentes.

Se plantea el siguiente problema de maximización para modelar el comportamiento del individuo:

$$Max \quad U = \sum_i e_i \log(T_i + D_i) \tag{2.41}$$

$$\tau = \sum_i D_i + \sum_i T_i \tag{2.42}$$

donde U corresponde a la utilidad asociada a la realización de todas las actividades, T_i al tiempo destinado a la parte *discrecional* de la actividad i, e_i a la disposición marginal a gastar tiempo en i y D_i a la componente fija no-discrecional de la actividad i.

Para realizar el análisis se supone que sólo hay elección sobre las alternativas discrecionales y se consideran sólo dos actividades y dos regímenes : cuando sólo se destina tiempo a la actividad 1 y cuando se destina tiempo a las actividades 1 y 2.

Imponiendo las condiciones de óptimo para ambos regímenes determina el T^* a partir del cual el individuo estaría dispuesto a participar en ambas actividades. De esta manera, cuando el tiempo disponible sea mayor que T*, el tiempo asignado a cada actividad será:

$$T_i = \left(\frac{e_i}{\sum_j e_j} \right) \tau - D_i \qquad (2.43)$$

Con el objeto de hacer una aplicación empírica del modelo, el autor asume una forma funcional para el tiempo no discrecional de las actividades, que depende del número de automóviles en el hogar, de una variable muda, que indica si la pareja del entrevistado tiene o no trabajo y del tamaño del hogar. De esta forma se estima un modelo Tobit a partir de un banco de datos y se concluye que, el tiempo asignado a actividades fuera del hogar, está positivamente correlacionado con la restricción de tiempo pero que, sin embargo, no influiría en la generación de viajes, por lo menos en el corto plazo.

Kräan (1996) considera la siguiente especificación para el modelo de comportamiento:

$$\begin{aligned} &Max \quad U = T_{oh}^{\theta_\tau} d^{\theta_d} f^{\theta_f} T_h^{\theta_h} G^{\eta} \\ &T_{oh} + \frac{d}{v} + T_h = \tau - T_W \\ &c_{T_{oh}} T_{oh} + c_d d + c_f f + G = I_F - wT_W \end{aligned} \qquad (2.44)$$

donde T_{oh} es el tiempo fuera del hogar, distinto del trabajo, T_h es el tiempo en el hogar, *d* es la distancia de viaje incluido el viaje al trabajo, *v* es la velocidad promedio de viaje, *f* es la frecuencia de realización de las actividades fuera del hogar no laborales y c_i corresponde al costo marginal de la variable *i*.

Bajo esta especificación, la autora demuestra que la demanda por tiempo asignado a actividades no laborales, fuera del hogar, se puede especificar de la siguiente manera:

$$T_{oh} = \frac{\theta_{T_{oh}}}{(c_{T_{oh}} + w)(\theta_{T_{oh}} + \theta_d + \theta_f + \theta_h + \eta)} \left(I_f + w\tau \right) \qquad (2.45)$$

y en cambio, para el caso del tiempo de trabajo, se tendrá que:

$$T_W = \left(\frac{\theta_{T_{oh}}}{\left(c_{T_{oh}} + w\right)} + \frac{\theta_h}{w} + \frac{\theta_d}{\left(vc_d + w\right)} \right) \frac{\left(I_f + w\tau\right)}{\left(\theta_{T_{oh}} + \theta_d + \theta_f + \theta_h + \eta\right)} \tag{2.46}$$

Sin embargo, debido a la ausencia de información sobre la demanda por bienes, para poder realizar una estimación empírica, la autora replantea el modelo (2.44) de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} &Max \quad U = T_{oh}{}^{\theta_\tau} d^{\theta_d} f^{\theta_f} T_h^{\theta_h} \\ &T_{oh} + \frac{d}{v} + T_h = \tau - T_W \end{aligned} \tag{2.47}$$

Con este planteamiento simplificado obtiene las siguientes expresiones para los modelos de demanda por tiempo asignado a actividades fuera del hogar no laborales, que resultan equivalentes a los de Munski (1993).

$$T_{oh} = \frac{\theta_{T_{oh}}}{\left(\theta_{T_{oh}} + \theta_d + \theta_h\right)} \tau \tag{2.48}$$

Finalmente, a partir de esta especificación teórica, la autora plantea y estima modelos de demanda por tiempo asignado a actividades que no resultan muy buenos estadísticamente (pp. 104).

Por último Calderón (1999), como una profundización del trabajo realizado por Jara Díaz (1994), plantea el siguiente modelo de asignación de tiempo a actividades.

$$\begin{gathered} MaxU(X,T) = U(X,\overline{T},W_F,W_V,t_v) \\ s.a. \\ I_f + wW_V - P^t X - c_v \geq 0 \rightarrow \lambda \\ \tau - W_F - W_V - t_v - \sum_{i=1}^{n} T_i = 0 \rightarrow \mu \\ T_i - h_i\left(X\right) \geq 0 \quad \rightarrow K_i \qquad \forall i = 1,\ldots,N \\ x_k - g_k\left(T\right) \geq 0 \quad \rightarrow \psi_i \qquad \forall k = 1,\ldots,s \\ T_i - T_i^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow \vartheta_i \quad \forall i = 1,\ldots,N \end{gathered} \tag{2.49}$$

donde las variables y parámetros tienen la interpretación habitual. A partir de este planteamiento y suponiendo que la función de utilidad es del tipo Cobb-Douglas con parámetros θ_i para cada actividad, la autora propone la siguiente especificación para los modelos de demanda por actividades:

$$T_i^l = H_i^L * \left(\tau - W_f^l - t_j^l\right) + \xi_i^L \quad \forall i = 1,...,n+1 \tag{2.50}$$

donde L representa un estrato y l un individuo, H_i^L son parámetros a estimar y ξ_i^L es un término de error que se supone que se distribuye Normal con media cero y donde los parámetros H_i^L se pueden expresar de la siguiente manera

$$H_i^L = \frac{h_i^L}{\sum_{j=1}^{N} \frac{1}{h_{ji}^L}} \quad \forall i = 1,...,n+1 \tag{2.51}$$

donde

$$h_i^L = \frac{\partial U / \partial T_j}{\theta_j^L} \quad \forall i = 1,...,n+1 \tag{2.52}$$

Con esta especificación, estima un modelo de asignación de tiempo actividades en forma conjunta a uno de partición modal, obteniendo como resultado los parámetros asociados a cada actividad en la función de utilidad directa, que, por tratarse de una función de utilidad del tipo Cobb-Dougglas, corresponden también, a sus elasticidades.

Por último, cabe señalar el trabajo realizado por Damm y Lerman (1981) con respecto a la modelación de la participación en actividades. En éste, se modela la decisión de participación, en actividades no laborales, fuera del hogar, en cada uno de los cinco bloques de tiempo que es posible definir en torno a la actividad trabajo: “estar en el hogar antes del trabajo”, “viaje de ida”, “estar en el trabajo”, “viaje de vuelta”, “estar en el hogar después del trabajo”.

Por otra parte, se analiza la duración de las actividades condicional a la decisión de participar en ellas en determinado bloque de tiempo y a la partición modal. El modelo microeconómico planteado en este caso es el siguiente:

$$Max \quad U(T, \partial, q) \tag{2.53}$$

$$\tau_i - T_i - t_i \partial_i \geq 0 \tag{2.54}$$

donde: τ_i corresponde al tiempo disponible en uno de los cinco bloques de tiempo i y que dependería de un vector de características socioeconómicas (sexo o estructura del hogar); t_i es el tiempo de viaje en el modo elegido; ∂_i es una variable muda que será igual a uno si el individuo decide participar en una actividad fuera del lugar donde se encuentra en el período *i* y cero en caso contrario; finalmente, T_i representa el tiempo asignado a actividades no laborales el bloque i-ésimo.

Suponiendo, por simplicidad, que sólo hay dos períodos y una forma específica para la función de utilidad directa, el autor demuestra que la probabilidad de participar en una actividad en el período *i*, será

$$P(participar - en - periodo - i) = P\left[U_i^*(a_i^*, \partial_i = 1, A_i, S_t) \geq U_i^*(a_i^*, \partial_i = 0, A_i, S_t)\right] \tag{2.55}$$

donde A_i correspondería a la utilidad máxima esperada (*EMU*) de un modelo logit jerárquico de elección de modo y destino. De esta manera, bajo ciertos supuestos, la expresión (2.55) permite plantear un modelo binario probit para cada período de tiempo.

- **Modelación del patrón de actividades y la congestión**

Un aspecto que no es considerado, por la mayor parte de los modelos microeconómicos presentados anteriormente, se refiere al instante en que se decide llevar a cabo las actividades, es decir, su programación en el tiempo.

Tal como señala Henderson (1992), un ejemplo claro donde este fenómeno es relevante, es en el cálculo de beneficios por el aumento de capacidad de una vía. En este caso, la modelación tradicional considera como dato los patrones de flujo diario, los que en realidad se verían afectados por este aumento de capacidad de la vía produciéndose un *bunching up* o *apelotonamiento* de los flujos en los períodos punta, lo que a su vez permitiría que los individuos arribaran a sus destinos en instantes más deseados. De esta forma, el *apelotonamiento* de los viajes implicaría una sobrevaloración de los beneficios calculados con el enfoque tradicional, debido a que el *apelotonamiento* produciría tiempos de viaje mayores a los predichos por éste, además de una subvaloración, debido a que los individuos pueden llegar a su destino en instantes que les reportan mayor utilidad.

Analizando este efecto, el autor demuestra que el efecto neto de no considerar la naturaleza dinámica de los flujos es una considerable sobreestimación de los beneficios debido a un aumento de capacidad y que, con respecto al patrón de flujos, se observa un acortamiento del período punta, lo que se denomina *peak shifting*.

Para la modelación del fenómeno, el autor define una función de *costo de oportunidad de inicio del trabajo C(.)* que se formula de la siguiente manera:

$$C(s-\bar{s}) = VST_s|s-\bar{s}| \tag{2.56}$$

$$\frac{\partial C}{\partial s}\begin{cases} >0 & si \quad s>\bar{s} \\ <0 & si \quad s<\bar{s} \end{cases} \tag{2.57}$$

donde $\bar{s}$ es el momento más deseado de inicio del tiempo de trabajo, que dependería del *reloj biológico del individuo* y de la coordinación de actividades con los otros miembros del hogar; s es el instante en que efectivamente se produce la llegada al lugar de trabajo y $|s-\bar{s}|$ se define como la demora de itinerario o *schedule delay*. Por otra parte, VST_s se define como el *Valor subjetivo del tiempo de programación*, es decir, cuanto valora el individuo cada unidad de tiempo de diferencia, entre el horario de llegada deseado y el que efectivamente ocurre.

Small (1982) plantea un modelo, en el que se busca dar cuenta de los efectos de la elección del instante en que se realiza el viaje al trabajo, con el objeto de modelar el fenómeno de la congestión. El modelo es el siguiente :

$$\begin{gathered} MaxU = U(G, L, W, s) \\ s.a \\ G + c(s) = I + wW \quad \to \lambda \\ L + t_v(s) = \tau - W \quad \to \mu \\ F(s,W;w) = 0 \quad \to \nu \end{gathered} \tag{2.58}$$

donde *s* es el instante específico del día en que se realiza el viaje al trabajo, *t(s)* y *c(s)* son el tiempo y el costo de viaje, que dependen de *s* y *F(s,W;w)* es la *función de limitación institucional de oportunidades de trabajo* que representa las restricciones en la programación horaria de la actividad trabajo.

De esta manera, los efectos de la programación horaria son considerados de tres formas: tomando en cuenta las preferencias de programación como tales, al incluir *s* como argumento de *U(.)*; modelando los efectos de la congestión, al hacer dependientes, al tiempo y al costo de viaje, de *s*; y a través de la función *F(s,W;w)*, con la que se busca representar las limitaciones en las oportunidades de programación del trabajo de los individuos.

- **Modelación de hogares**

En la misma línea de lo planteado por Graham y Green (1984), pero con un enfoque de asignación de tiempo a actividades, Kooreman y Kapteyn (1987) plantean un modelo para analizar el comportamiento conjunto de los miembros de un hogar, en el cual se considera el tiempo asignado a todo tipo de actividades (menos el trabajo), además del consumo total del hogar como fuente de utilidad directa del hogar. Formalmente, el modelo planteado es el siguiente :

$$MaxU(T_1^M,...,T_K^M,T_1^H,...,T_K^H,X) \tag{2.59}$$

s.a.

$$I_F + w_H\left(\tau - \sum T_i^H\right) + w_M\left(\tau - \sum T_i^M\right) - PX \geq 0 \tag{2.60}$$

$$\sum T_i^M \leq \tau$$

$$\sum T_i^H \leq \tau$$

donde los superíndices M y H , corresponden a los tiempos asignados a las actividades, por la mujer y el hombre que compondrían el hogar, respectivamente y *U(.)* corresponde a la utilidad del hogar.

Como un anexo a esta aplicación de la modelación del tiempo asignado a actividades, cabe señalar el trabajo de Hoffman (1997), en el que se analiza el fenómeno de la estabilidad marital, el tiempo de sueño y, lo que el autor define como, la *actividad X*.

- **Funciones de transformación entre bienes y tiempo**

La consideración de las actividades como el objeto de las decisiones de los individuos hace necesaria, además de la inclusión de las tradicionales restricciones de tiempo e ingreso, la inclusión de ciertas funciones de transformación entre bienes y tiempo, que toman distintas formas en la literatura. Algunas funciones de transformación encontradas en la literatura anterior a Calderón (1999) son las siguientes:

Autor	**Funciones**	
DeSerpa (1971)	$T_i \geq a_i X_i$	(2.61)
Evans (1972)	$(X = QT)$	(2.62)
	$JT \leq 0$	(2.63)
Collings (1973)	$T_i \geq a_i X_i$	(2.64)
	$T_i \leq b_i X_i$	
Jara Díaz (1994)	$F(X,T) \geq 0$	(2.65)

Calderón (1999) analiza estas funciones de transformación, postulando como sensato la existencia, en el caso más general posible, de cinco familias de restricciones:

$$T_i \leq f_i(X) \tag{2.66}$$

$$T_i \geq h_i(X) \tag{2.67}$$

$$x_k \leq \phi_k(T) \tag{2.68}$$

$$x_k \geq g_k(T) \tag{2.69}$$

$$T_i \geq \Psi_i(T) \tag{2.70}$$

donde (2.66) define la curva que Calderón (1998) llama *Frontera de Posibilidades de Actividad* (el máximo tiempo que se puede asignar, dada la canasta de bienes consumidos); (2.67) la curva de *Isoconsumo* (mínima duración de la actividad iésima para consumir determinada canasta); (2.68) la *Frontera de Posibilidades de Consumo* (máxima cantidad del bien k-ésimo, consumible en el período que se realizan las actividades *T*; (2.71) la curva de *Isoactividad* (mínima cantidad necesaria del bien *k* para realizar las actividades *T*) y (2.70) representa las interrelaciones entre actividades.

La autora demuestra que la quinta desigualdad, que corresponde a la planteada por Evans (1972), es redundante cuando las relaciones entre las actividades pueden ser establecidas a través de los bienes, observación que también es hecha por Bruzelius (1979). Cuando las relaciones entre las actividades no pueden establecerse a través de los bienes, Calderón (1999) propone tratarlas, como si existiese un cota de tiempo mínima para el tiempo que debe ser asignado a cada actividad, o bien, cuando la actividad sea requisito de otra, formando parte de esta última. De esta manera, en vez de la relación (2.70) la autora plantea la relación $T_i \geq T_i^{min}$ como válida.

Por otra parte a partir de la restricción (2.69), que corresponde a la (2.62) planteada por Evans (1972), pero con desigualdad, Calderón (1999) deduce una restricción equivalente a la restricción (2.66), por lo que la autora señala que plantear ambas restricciones en un problema sería redundante. Algo similar ocurre con respecto a (2.67) con (2.68). Basada en este análisis, la autora decide considerar como relevante el siguiente conjunto de restricciones o funciones de transformación entre bienes y tiempo, lo que constituye uno de los aportes fundamentales de su tesis.

$$T_i \geq h_i(X) \tag{2.71}$$

$$x_k \geq g_k(T) \tag{2.72}$$

$$T_i \geq T_i^{min} \tag{2.73}$$

enfoque que será el utilizado en este trabajo.

2.3.4 Enfoque Discreto

Otra forma de modelar el comportamiento de los usuarios, especialmente en cuanto a actividades como viajar, es considerar que la asignación de tiempo no es decidida en forma endógena y continua bajo ciertas restricciones, como en el modelo de DeSerpa (1971), sino que es el resultado de la elección discreta entre varias alternativas.

La modelación microeconómica de las elecciones discretas, para el caso del tiempo de viaje, se puede sintetizar de la siguiente forma (Train y McFadden, 1978). Consideremos el siguiente problema de optimización:

$$\begin{aligned} &Max\ \ U(G,L) \\ &wW - G - c_i = 0 \\ &\tau - W - L - t_i = 0 \end{aligned} \tag{2.74}$$

donde L es el tiempo de *ocio*, G es el consumo, w es la tasa salarial, W es el tiempo de trabajo, τ es el tiempo disponible, c_i *y* t_i corresponden al costo y tiempo de viaje respectivamente, que se suponen exógenos al problema y que sólo dependerán de la alternativa (modo) elegida, en forma discreta, por el individuo.

De esta manera, la solución de problema se plantea en dos etapas. En el primer paso, de asignación de tiempo continuo, condicional al modo elegido, se obtiene una *función de utilidad indirecta condicional* V_i. Formalmente:

$$V_i = Max_W \ \ U\left[G\left(W, c_i, t_i\right), L\left(W, c_i, t_i\right)\right] \tag{2.75}$$

El segundo paso corresponde a, dada la función de utilidad indirecta, condicional a cada una de las alternativas disponibles, elegir la alternativa que reporte mayor utilidad indirecta condicional. Formalmente:

$$Max_{i \in M} \ \ V_i \tag{2.76}$$

donde M es el conjunto de los modos disponibles. De esta forma, la alternativa j será elegida si y sólo si $V_j \geq V_i \quad \forall i \in M$ o, equivalentemente, si $U^*_j \geq U^*_i \quad \forall i \in M$

El análisis anterior es relevante, ya que la interpretación microeconómica estricta del concepto de función de utilidad indirecta, permite analizar de mejor manera los resultados obtenidos de la estimación de modelos econométricos de elección discreta como el Logit, en forma especial, como veremos en esta tesis, con respecto al concepto de Valor subjetivo del tiempo.

La gama de trabajos que utilizan este enfoque de modelación es amplia, yendo desde los que consideran aspectos específicos como la consideración del tiempo de trabajo como fijo (Jara Díaz y Farah, 1986; Bates, 1987), a modelos generales donde se plantea un modelo general que incluye todas las actividades que realiza el individuo (Jara Díaz, 1994).

El modelo planteado por Jara Díaz (1994) permite el estudio de una serie de fenómenos como la partición modal, generación y distribución de viajes. Suponiendo que las variables asociadas a los otros fenómenos se mantienen constantes, es posible reducir el modelo para estudiar la elección de modo. En este caso el problema de maximización queda sujeto a la restricción de ingreso (2.79), la de tiempo (2.80) y una función de transformación general entre bienes y tiempo (2.78) que constituye el principal aporte conceptual del modelo.

$$\underset{\overline{T}_i, W_v,\ j \in M}{\text{Max}}\ U(\overline{T}, W_f, W_v, t_j) \qquad \forall \text{i} = 1,...,\text{n} \tag{2.77}$$

s.a.

$$F(X, \overline{T}, W_f, W_v, t_j) \geq 0 \tag{2.78}$$

$$\sum p_k x_k + c_j \leq I_f + wW_v \tag{2.79}$$

$$\sum \overline{T}_i + W_f + W_v + t_j = \tau \tag{2.80}$$

donde $F(.)$ es la función de transformación entre bienes y tiempo, t_j el tiempo de viaje en el modo j, c_j el costo del viaje del modo j, τ la duración del período de análisis, P el vector de precios de los bienes, P_k, el precio del bien k, x_k la cantidad consumida del bien k , I_f el ingreso fijo asociado al período de análisis τ, $\overline{T}$ el vector de duración de actividades sin incluir el trabajo ni el tiempo de viaje, $\overline{T}_i$ la duración de la actividad i, W_f la duración del trabajo fijo, W_v la duración del trabajo variable y w la tasa salarial.

Resolviendo el problema condicional en el modo resulta posible obtener valores óptimos para la cantidad de bienes consumidos, el tiempo asignado a las actividades, y la cantidad de trabajo variable en función de los datos del problema.

$$\overline{T}_i^*(I_f - c_j, w, P, \tau - W_f - t_j, W_f, t_j) \tag{2.81}$$

$$W_v^* \; (I_f - c_j, w, P, \tau - W_f - t_j, W_f, t_j) \tag{2.82}$$

Este mismo enfoque es utilizado por Jara-Díaz *et al* (1994) para proveer una base teórica para entender la localización residencial, obteniendo mediante una deducción analítica un término asociado a la accesibilidad para cada lugar, formado por una combinación de la utilidad obtenida de desarrollar actividades en diferentes lugares con el costo generalizado de trasladarse a ellos.

En esta misma línea, utilizando el enfoque de Hautzinger (1981) en combinación con el enfoque planteado por Jara Díaz (1994), Huenupi (1998) plantea un modelo de generación de viajes urbanos que considera las actividades que los motivan, en combinación con un vector de *características* asociadas a ellas. El modelo utilizado es el siguiente.

$$\begin{gathered} \underset{q,T,x}{Max} U(q,T,tv) \\ \sum_k T_k + \sum_k t_k \leq \tau \\ P^T X + \sum_k c_k \leq I + \sum_k w_k T_k \\ F(x,q,T,z) = 0 \\ f_k \geq f_k^{min} \end{gathered} \tag{2.83}$$

donde T es un vector de tiempo asignado a todas las actividades; q es un vector de calidad asociado a cada uso de tiempo; tv es un vector de tiempo de viaje; w_k es el *salario* asociado a la actividad k; X es un vector de bienes y P su vector de precios; c_k y t_k son el costo tiempo del viaje k; $F(.)$ es una función de transformación que relaciona el consumo de bienes, con el tiempo dedicado a actividades y su calidad, además de las características de localización z y por último, f_k representa la frecuencia de realización de la actividad k-ésima.

Para poder relacionar a los viajes y las actividades, utilizando el enfoque de Hautzinger (1981), el autor realiza los siguientes supuestos :

$$T_k = f_k \overline{T}_k \tag{2.84}$$

$$B_k = B_k(f) \tag{2.85}$$

$$t_k = B_k \bar{t}_k \tag{2.86}$$

$$c_k = B_k \bar{c}_k \tag{2.87}$$

donde B_k corresponde al número de viajes asociado a la actividad k y las barras, indican tiempo y costo medio de viaje asociado a esa actividad, ponderando todos los viajes, sin importar el destino. Cabe señalar que la expresión (2.85) representa una relación explícita entre viajes y actividades que es equivalente a la planteada por Hautzinger (1981).

También como un enfoque que considera las elecciones discretas, puede considerarse el trabajo de Bruzelius (1979), que plantea el siguiente modelo:

$$MaxU(X, L, T, W) \tag{2.88}$$

$$P^T X - wW - I_f \leq 0 \tag{2.89}$$

$$L + \sum T_i + W - \tau = 0 \tag{2.90}$$

$$a_i X_i - T_i \leq 0 \quad i = 1, ..., n_1 \tag{2.91}$$

$$a_i X_i - T_i = 0 \quad i = n_1 + 1, ..., n \tag{2.92}$$

donde T_i es el tiempo de consumo de X_i , L es el tiempo de ocio, a_i es la mínima cantidad de tiempo necesaria por unidad de consumo de X_i y τ es tiempo total disponible.

Cabe destacar que en este modelo, si bien se incluyen como argumentos de la función de utilidad, se supone que, ni el tiempo de ocio L , ni el de trabajo W, tiene asociados restricciones de consumo. Por otra parte, para el caso de la actividad viajar, la interpretación dada por el autor a las variables y parámetros es un poco diferente a la usual, ya que para esa actividad, T_i representa el tiempo total de viaje; X_i representa el número de viajes, es decir B_K en la notación de Huenupi (1998) y Jara Díaz (1994); y a_i representa el tiempo de viaje mínimo, dada la alternativa escogida, es decir, t_i en la notación de Train y McFadden (1978) o Jara Díaz y Farah (1987)

Uno de los principales aportes del trabajo de Bruzelius (1979) está en la diferenciación de restricciones de consumo. La familia de restricciones señalada en (2.91) corresponde exactamente a la planteada por DeSerpa (1971), en la cual se contempla la posibilidad de que el individuo asigne más tiempo que el mínimo requerido para el consumo, si así lo desea. La restricción (2.92) establece que existen ciertos casos en los que, aunque el individuo lo desee, no puede asignar más tiempo del mínimo necesario para el consumo. La diferencia entre las restricciones planteadas por Bruzelius (1979), se puede ilustrar con el ejemplo de transporte privado, frente a transporte público: En el caso de transporte privado sería válida una restricción del tipo (2.91), ya que si bien existe una restricción de tiempo mínimo para el viaje en automóvil, el individuo es libre de asignar el doble de tiempo si lo desea; en cambio, para el caso de transporte público, por mucho que un individuo deseara alargar su viaje, es difícil que logre convencer de esto al chofer de la máquina, haciéndose intuitivamente válida la restricción (2.92) (cabe señalar que el hecho de que el individuo tiene la capacidad de aumentar su tiempo de viaje en transporte público mediante la elección de recorridos más lentos, no es capturado por el modelo (2.88) – (2.92) ya que este es condicional a la elección modal realizada).

Por último, cabe señalar que la equivalencia entre los enfoques de modelación discreto y continuo de asignación de tiempo a actividades, no es trivial, en especial con respecto al Valor subjetivo del tiempo, por lo que su tratamiento en la literatura, será analizado en profundidad más adelante.

2.4 Modelación Microeconómica del Valor del Tiempo

2.4.1 Enfoque Continuo

La consideración de modelos de comportamiento, como los planteados por Becker (1965) o Train y McFadden (1978), donde no se considera al tiempo de trabajo como argumento de la función de utilidad directa, se obtiene como resultado teórico un Valor del tiempo de ocio igual a la tasa salarial, que no sería consistente con los resultados empíricos obtenidos para países en desarrollo como Chile (Parra, 1988).

La conclusión teórica de que el Valor del tiempo es igual a la tasa salarial, es discutida por Johnson (1966) y Oort (1969). Estos autores señalan que las actividades realizadas en el trabajo, debieran afectar el nivel de utilidad del individuo de la misma forma que las realizadas durante el tiempo de ocio, por lo que proponen la utilización de una función de utilidad con, por lo menos, tres argumentos:

$$\text{Max } U = U(L, W, G) \tag{2.93}$$
$$\tau = L + W \quad \to \mu \tag{2.94}$$
$$G = wW \quad \to \lambda \tag{2.95}$$

En este caso, las condiciones de primer orden serían:

$$\partial U / \partial L = \mu \tag{2.96}$$
$$\partial U / \partial W = \mu - \lambda w \tag{2.97}$$
$$\partial U / \partial G = \lambda \tag{2.98}$$

donde la ecuación (2.97), puede interpretarse como que, en un estado de utilidad máxima, la utilidad marginal del tiempo ocupado en el trabajo es igual a la utilidad marginal del tiempo de ocio menos la utilidad marginal del salario recibido. Dividiendo esta ecuación por la utilidad marginal del ingreso λ, se obtiene que:

$$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial W}{\lambda} \tag{2.99}$$

De esta manera, la *valoración monetaria del tiempo de ocio* (μ/λ) solo sería igual a la tasa salarial si $\partial U/\partial W$ es cero, es decir, si la utilidad marginal del tiempo de trabajo es nula, lo cual no tiene por qué ser cierto en todos los casos.

Evans (1972) señala que el planteamiento de Johnson (1966) y Oort (1969) es erróneo cuando afirman que μ/λ representa el Valor de ahorros de tiempo de viaje, al mismo tiempo que el del tiempo de ocio. Estrictamente hablando, μ/λ es el Valor monetario de una pequeña relajación en la restricción de tiempo debida a, por ejemplo, un aumento en la expectativa de vida del individuo. Este valor debe ser distinguido de la valoración de ahorros de tiempo asignado en una actividad en particular, el que debiera depender de ésta y que incluso, podría ser nulo si no existiera interés, o no fuera posible reasignar estos ahorros de tiempo a una actividad alternativa, a diferencia de μ/λ que debiera ser constante e independiente de la actividad que el individuo esté llevando a cabo.

Evans (1972) observa que Johnson (1966) confunde la valoración de una relajación en la restricción de tiempo, con la del tiempo asignado a una actividad en particular. Esto se observa cuando Johnson (1966) plantea que "...preguntar por el Valor del tiempo de viaje, ocio, o simplemente el Valor del tiempo como tal, es preguntar por la tasa marginal de sustitución entre tiempo y dinero..." (pp. 138). Oort (1969) presenta la misma confusión al afirmar que "...el tiempo total disponible para el individuo, puede cambiar por algún evento exógeno, como una extensión de 24 a 25 horas del día otorgada por Dios o, más probablemente, por la apertura de un centro comercial en los alrededores del hogar ..." (refiriendose a los ahorros en tiempo de viaje que esto implicaría) (pp. 281).

Con el objeto de explicar la diferencia conceptual entre, el Valor de ahorrar tiempo en una actividad específica, con el de una relajación en la restricción de tiempo, Evans (1972) plantea el siguiente modelo.

$$
\begin{aligned}
& MaxU = U(T) \\
& \tau - \sum_i T_i = 0 \quad \to \mu \\
& \sum_i w_i T_i = 0 \quad \to \lambda
\end{aligned}
\tag{2.100}
$$

donde T_i es el tiempo asignado a la actividad i-ésima y w_i es el salario de la actividad, que se supone positivo si el individuo paga por ella, como en el caso de ver una película y negativo, si al individuo le pagan por participar en ella, como ocurre con el trabajo.

Bajo el enfoque anterior, Evans (1972) señala que, si la asignación de tiempo a las actividades elegidas por el individuo es óptima, entonces "...un pequeño aumento en el tiempo dedicado a una actividad, acompañado de una correspondiente reducción en otra, no deja ni peor ni mejor al individuo...", o en otras palabras, que no existirían incentivos para reasignar tiempo entre actividades.

Cabe señalar que Evans (1972) se equivoca al decir que, en el modelo (2.100), si el individuo paga por participar en una actividad la *valoración del tiempo* en esa actividad será negativa e igual en valor absoluto a su pago marginal, ya que el individuo compra tiempo a esa tasa (pp. 9). De las condiciones de primer orden del problema (2.100), se desprende que:

$$
\frac{\partial U}{\partial T_i} + \lambda w = \mu \tag{2.101}
$$

luego, si el individuo paga por la actividad, la tasa será negativa ($w<0$) y, como en general $\mu>0$, se cumplirá que la *valoración del tiempo asignado* a esa actividad será positiva ($\partial U / \partial T_i > 0$). Un error equivalente se produciría con la interpretación del Valor del tiempo en actividades en las que el individuo recibe dinero, bajo el modelo planteado en (2.100).

A pesar de la observación anterior, el hecho que bajo el modelo (2.100) no existirían incentivos de reasignación de tiempo, es una observación correcta y relevante. Según el autor, el problema estaría en el supuesto de que el individuo es libre de asignar su tiempo a distintas actividades. Considerando por ejemplo, la actividad "viajar", es claro que en la mayor parte de los casos el individuo se ve obligado a asignar más tiempo a viajar del que desearía, con el fin de satisfacer la necesidad de realizar determinada actividad en el lugar de destino. De esta forma, Evans (1972) motiva la introducción de una restricción adicional al problema (2.100), que relaciona el tiempo asignado entre distintas actividades (2.64.b).

En el ejemplo de un viaje al cine, esta restricción se presentaría de la siguiente forma:

$$T_{tv} \geq b_{tv-c} T_c \quad \rightarrow K_{tv} \tag{2.102}$$

donde T_{tv} y T_c corresponden, al tiempo dedicado a viajar y a estar en el cine respectivamente y b es una constante, que si por ejemplo vale 1/3, implica que por cada 2 horas de cine, es necesario dedicar 40 minutos como mínimo a viajar.

De esta manera, K_{tv}, el multiplicador de la restricción (2.102), se interpreta como la variación en la utilidad del individuo debido a una pequeña reducción en el tiempo que debe dedicar a viajar, lo que dividido por la *UMI*, corresponde a lo que el autor define como el *Valor del tiempo de viaje* y que cumpliría la siguiente condición

$$\frac{K_{tv}}{\lambda} = w_{tv} - \frac{\partial U / \partial T_V - \mu}{\partial U / \partial T_W - \mu} w_W \tag{2.103}$$

Un año antes, DeSerpa (1971) plantea un modelo que puede ser expresado a través de la maximización de la siguiente función de Lagrange

$$\begin{aligned} L = U(X_1,..., X_n, T_1,..., T_n) + \lambda(I - \sum_{i=1}^{n} P_i X_i) + \\ + \mu(\tau - \sum_{i=1}^{n} T_i) + \sum_{i=1}^{n} K_i (T_i - a_i X_i) \end{aligned} \tag{2.104}$$

donde $K_i \geq 0$, i=1,...,n, por condiciones de primer orden. Por simplicidad, se asume que se relaciona biunívocamente, cada bien a una actividad y que se consumen todos los bienes y tiempos en forma positiva. DeSerpa (1971) considera la función de transformación $T_i \geq a_i X_i$, que se interpreta como que, dada cierta cantidad de bienes, se necesita de cierto tiempo mínimo para consumirlos, aunque el individuo es libre de asignar más tiempo si lo desea. Con esta formulación, el autor define tres conceptos acerca de la valoración del tiempo.

El primero es el **Valor del tiempo como recurso**[4] o la tasa marginal de substitución entre tiempo y dinero que corresponde a:

---

[4] "the value of time as a resource" en DeSerpa (1971)

$$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} \tag{2.105}$$

El segundo es el **Valor del tiempo asignado a la actividad i-ésima**[5] o del tiempo como bien, que será igual al *Valor* del tiempo como recurso, sólo si la restricción de tiempo mínimo de consumo de esa actividad no es activa (lo que se interpreta como tiempo de asignación libre), es decir, si $K_i = 0$. Analíticamente, este concepto corresponde a:

$$VST_{ASIGNADO\_i} = \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{K_i}{\lambda} \tag{2.106}$$

El tercer concepto de valoración del tiempo, corresponde al **"Valor de ahorrar determinado tiempo de consumo"**[6], que se define como la diferencia algebraica del *Valor* del tiempo en un uso alternativo (como recurso) y el *Valor* del tiempo en ese uso particular. Este concepto es el que comúnmente se considera como el *Valor del tiempo de viaje* y corresponde, según la formulación de DeSerpa (1971), a la razón entre el multiplicador de la restricción de tiempo mínimo de la actividad i-ésima y la utilidad marginal del ingreso, en efecto:

$$VST_{AHORRADO\_i} = VST_{RECURSO} - VST_{ASIGNADO\_i} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} = \frac{K_i}{\lambda} \tag{2.107}$$

Otro aporte del autor es definir, a partir de su marco teórico, la actividad *ocio* como la suma de todas las actividades a las cuales se le asigna más tiempo del estrictamente necesario, es decir, las que presentan la restricción $T_i \geq a_i X_i$ no activa y por lo tanto su respectivo multiplicador nulo $K_i=0$. Con esta definición, de la expresión (2.107) se desprende que si una actividad es del tipo *ocio*, el *Valor* de asignar tiempo ella será igual al *Valor* del tiempo como recurso.

$$VST_{ASIGNADO\_"ocio"} = \frac{\mu}{\lambda} = VST_{RECURSO} \tag{2.108}$$

de lo que se desprende que, el *Valor* de ahorrar tiempo en actividades definidas como ocio, es nulo.

---

[5] "the value of time allocated to the consumption of X_i or the value of time as a commodity" en DeSerpa (1971)

[6] "the value of saving time" en DeSerpa (1971)

Bates y Roberts (1987), señalan que, a partir de este planteamiento, el *Valor* subjetivo del tiempo puede interpretarse como el *Valor* de reasignar tiempo desde la actividad viajar a una actividad *ocio*. En efecto, una reasignación marginal de tiempo de este tipo, considera dejar de asignar una unidad de tiempo al viaje, que es valorada en $VST_{ASIGNADO\_V} = \frac{\partial U / \partial T_V}{\lambda}$ y reasignar esa unidad de tiempo a una actividad del tipo *ocio*, donde será valorada en $VST_{ASIGNADO\_L} = \frac{\mu}{\lambda}$, de forma tal que, el valor neto de la reasignación de tiempo correspondería, intuitivamente, a la diferencia expresada en (2.107).

Dada esta interpretación intuitiva del *Valor* de ahorrar tiempo de viaje como el valor neto de reasignar una unidad desde esta actividad hacia el ocio, los autores plantean la posible existencia de problemas de reasignación, es decir, que existan dificultades o sea imposible efectuar esta reasignación, debido a la imposibilidad de almacenar el tiempo ahorrado, lo que hace necesario que su reasignación sea inmediata. Los autores señalan que estos problemas de reasignación inducirían valores del tiempo reales mayores a los deducidos en (2.107), aunque sin explicar mayormente esta conclusión.

Por su parte, Small (1992b) hace un planteamiento similar al de DeSerpa (1971), pero donde considera una tasa salarial dependiente de las horas de trabajo, en el entendido de que la cantidad de horas trabajadas, afecta la productividad del individuo, la que se debería ver reflejada en su tasa salarial. Por otra parte, el autor considera restricciones de tiempo mínimo para actividades que no dependen del nivel de consumo. De esta manera llega a la siguiente expresión para el *Valor* de ahorrar tiempo de viaje :

$$\begin{aligned} VST_{AHORRADO\_V} &= \frac{K_V}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_V}{\lambda} = \\ &= w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} + T_W \frac{dw}{dT_W} + \frac{K_W}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_V}{\lambda} \end{aligned} \qquad (2.109)$$

En esta expresión, el *Valor* de los ahorros de tiempo tiene cinco términos, donde la suma de los primeros cuatro corresponde al *costo de oportunidad del viaje*, según lo define el autor, o al *Valor* del tiempo como recurso, en la terminología de DeSerpa (1971) y el quinto término, representa la utilidad marginal directa perdida por dedicar tiempo a viajar.

Con respeto a los términos que componen el Valor del tiempo como recurso en la expresión (2.109), además de la tasa salarial (*w*) y el *Valor* de asignar tiempo a l trabajo ($\frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda}$), se observan dos términos nuevos, que podrían interpretarse como el efecto de la variación en el tiempo asignado al trabajo en la productividad ($T_W \dfrac{dw}{dT_W}$) y el Valor subjetivo de ahorrar tiempo de trabajo ($\dfrac{K_W}{\lambda}$) que será positivo cuando la restricción de tiempo mínimo asignado a esa actividad sea activa y nulo en caso contrario.

Con respecto a los trabajos que utilizan el enfoque de producción en el hogar, podemos señalar el trabajo de De Donea (1971), quien define el concepto de Valor del tiempo de viaje, como el valor de una reducción, por algún motivo, en el tiempo de viaje necesario para la producción de Z_i . De esta manera, para el modelo planteado en (2.10), el Valor marginal del tiempo de viaje, como insumo del *commodity* i-ésimo, corresponderá a la diferencia entre, lo que el autor denomina el *Valor del tiempo*[7] (μ/λ) y el valor marginal de la satisfacción o desagrado, que resulta de las *circunstancias en las cuales se desarrolla el viaje*[8] $(\partial U/\partial T_V/\lambda)$. Formalmente :

$$\frac{\dfrac{\partial U}{\partial Z_i}\dfrac{\partial Z_i}{\partial T_i}}{\lambda}=\frac{\mu}{\lambda}-\frac{\partial U/\partial T_V}{\lambda}=w+\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda}-\frac{\partial U/\partial T_V}{\lambda} \tag{2.110}$$

Por otra parte, Dalvi (1978), a partir del modelo señalado en (2.16) – (2.17), obtiene la expresión (2.111) para lo que al autor denomina como el *Valor* de ahorrar de tiempo de viaje en la producción de Z_i .

$$\frac{K_i}{\lambda}=\frac{\mu}{\lambda(1-c_i)}+\frac{\psi_i a_i}{\lambda(1-c_i)}-\frac{\partial U/\partial T_i}{\lambda(1-c_i)} \tag{2.111}$$

Esta trabajo resulta relevante, en cuanto a la inclusión de una restricción de bienes mínimos que depende del vector de actividades a través de Z_i en el planteamiento del problema. Sin embargo, una revisión exhaustiva de las matemáticas de Dalvi (1978), nos permiten concluir que el resultado (2.111) obtenido por el autor, es erróneo.

Un trabajo donde se aborda en forma correcta el efecto de los bienes en el *Valor* subjetivo del tiempo, es el de Gronau (1986) donde, a partir de un modelo que se diferencia del de Becker (1965) en el hecho de

---

[7] Valor del tiempo como recurso según DeSerpa (1971)

[8] Valor del tiempo asignado al viaje, según DeSerpa (1971)

que incluye a la actividad “trabajo en el mercado” Z_w como argumento de la función de utilidad, obtiene el siguiente resultado para el *Valor del tiempo*[9]:

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\partial I_W(T_W)}{\partial T_W} - P_W \frac{\partial X_W}{\partial T_W} + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} \tag{2.112}$$

Para llegar a esta conclusión se supuso que el bien final Z_W podía medirse en unidades de tiempo T_W . $I_W(T_W)$ corresponde a los ingresos que percibe el individuo por concepto de trabajo, de forma tal que, $\partial I_W(T_W)/T_W$ corresponde a la tasa salarial marginal, que podrá o no ser igual a la tasa salarial promedio w. Por otra parte, los términos X_W y P_W , corresponden, en este modelo, a los bienes asociados a la actividad trabajo y su precio, respectivamente.

De esta manera, el autor señala que el *Valor* del tiempo se diferenciaría de la tasa salarial promedio w cuando: ésta difiera de la tasa salarial marginal; cuando existan insumos de mercado (como transporte, servicios de cuidado de niños, etc.) asociados con el trabajo de la persona ; y cuando el trabajo genere utilidad directa.

Cabe señalar que el enfoque de Gronau (1986) no permite rescatar los conceptos de *Valor* del tiempo como recurso, asignado o ahorrado en una actividad (según la definición de DeSerpa , 1971), pero sin embargo, la consideración del efecto de los bienes consumidos en el *Valor* del tiempo, hace de este trabajo un gran aporte.

Por último, cabe señalar el trabajo realizado por Kraan (1996), que plantea un modelo similar al de Becker (1965), pero no considera ni al trabajo ni al tiempo de viaje, como fuentes de utilidad directa. Con este planteamiento, la autora obtiene el mismo resultado teórico para el *Valor del tiempo*[10], que Becker (1965), es decir, la tasa salarial.

$$\frac{\mu}{\lambda} = w \tag{2.113}$$

[9] Que de acuerdo a la definición de DeSerpa (1971) corresponde al Valor del tiempo como recurso.

[10] Que de acuerdo a la definición de DeSerpa (1971) corresponde al Valor del tiempo como recurso.

Una aplicación diferente del concepto de *Valor* subjetivo del tiempo, es la planteada por Small (1982), donde, a partir el modelo planteado en (2.77), obtiene la siguiente expresión para "el *Valor* del tiempo de ocio"

$$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{(\partial U/\partial W - \nu\,\partial F/\partial W)}{\partial U/\partial G} \tag{2.114}$$

donde ν es el multiplicador de lagrange, de la "restricción de limitación institucional" en las posibilidades de trabajo y se interpreta como la variación en el nivel de utilidad óptimo, debido a una relajación marginal de esa restricción.

De esta manera, si $\nu = 0$, el *Valor* del tiempo de ocio diferirá de la tasa salarial, sólo en la medida en que el individuo perciba satisfacción o desagrado del tiempo dedicado al trabajo, es decir, en la medida que $\partial U/\partial W$ sea mayor o menor que cero. Por otra parte, cuando la restricción de programación sea activa ($\nu \neq 0$), el término $\nu \dfrac{\partial F/\partial W}{\partial U/\partial G}$ indicará la magnitud en que el hecho de modificar las horas de trabajo modifica la valoración del tiempo de ocio, debido a la necesidad de reprogramar el viaje en un horario más o menos congestionado.

2.4.2 Enfoque Discreto

Desde el punto de vista del enfoque discreto de modelación, el concepto de *Valor* subjetivo del tiempo de viaje, tiene la siguiente definición única:

$$VST = \frac{\partial V_i/\partial t_i}{\partial V_i/\partial c_i} \tag{2.115}$$

donde V_i corresponde a la función de utilidad indirecta condicional en la alternativa i-ésima, definida en (2.35) y que comprende un determinado par ordenado de tiempo y costo de viaje (t_i , c_i).

Esta definición de *Valor* subjetivo del tiempo para los modelos de elección discreta, permite obtener resultados empíricos de este concepto a través de la derivación de las funciones de utilidad indirecta que son estimables a partir de modelos logit. De esta manera, si consideráramos una función de utilidad indirecta lineal en el tiempo y costo de viaje, el *Valor* del tiempo correspondería simplemente a la razón entre los parámetros de esas variables. Formalmente, si la función de utilidad indirecta tiene la siguiente forma,

$$V_i = \alpha - \theta_c c_i - \theta_t t_i \tag{2.116}$$

el *Valor* subjetivo del tiempo de viaje será igual a la siguiente expresión.

$$VST = \frac{\theta_t}{\theta_c} \tag{2.117}$$

Si bien la definición (2.115), para el concepto de *Valor* del tiempo en los modelos de partición modal, es común a todos los trabajos, su resultado teórico varía dependiendo de las características del modelo considerado. En efecto, para el modelo (2.34) planteado por Train y McFaden en 1978, el resultado teórico para el *Valor* subjetivo del tiempo es la tasa salarial.

$$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = w \tag{2.118}$$

La diferencia empírica entre el *Valor* del tiempo y la tasa salarial, podría ser explicada por el no-cumplimiento de algunos de los supuestos planteados por Train y MacFadden (1978). En este contexto, y con el fin de realizar una modelación más acorde con los países en desarrollo, Jara Díaz y Farah (1987) plantean un modelo donde el tiempo de trabajo es exógeno y la función de utilidad depende de G y L. A partir de este modelo se deduce, suponiendo una función de utilidad del tipo Cobb-Douglas, que el *Valor* del tiempo tendría la siguiente expresión, que no tendría por que ser igual a la tasa salarial:

$$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\gamma}{\beta} \frac{\left(I_F - c_i\right)}{\left(\tau - T_W - t_i\right)} \tag{2.119}$$

donde I_F es el ingreso del individuo, T_W corresponde al tiempo de trabajo, τ es el tiempo total disponible y γ, β corresponden a los parámetros de la función de utilidad del ocio (*L*) y del consumo generalizado (*G*) respectivamente. De esta manera, mientras mayor sea el ingreso del individuo o mayor su preferencia por el tiempo de ocio con respecto al consumo o menos tiempo tenga disponible, mayor será su *Valor* del tiempo, según este enfoque.

Si bien con el modelo anterior es posible justificar valores del tiempo distintos a la tasa salarial, el supuesto implícito de que el tiempo de trabajo o el de viaje no afectan el nivel de utilidad del individuo, no parece razonable. Jara Díaz (1997) desarrolla un modelo con una función de utilidad genérica que, además de depender de G y L, depende del tiempo de trabajo y del tiempo de viaje, y está sujeta a las restricciones de tiempo e ingreso.

$$\begin{aligned}&Max\,U(G,L,T_W,t_i)\\&s.a\\&I_f+wT_W-G-c_i=0\\&\tau-T_W-L-t_i=0\end{aligned} \tag{2.120}$$

Resolviendo el problema con el enfoque discreto, para el caso de trabajo variable, obtiene el siguiente resultado para el *Valor* subjetivo del tiempo.

$$VST_i=\frac{\partial V_i/\partial t_i}{\partial V_i/\partial c_i}=w+\frac{\partial U/\partial T_W}{\partial U/\partial G}-\frac{\partial U/\partial t_i}{\partial U/\partial G} \tag{2.121}$$

de la cual se infiere que el *Valor* del tiempo será igual a la tasa salarial sólo en el caso en que el tiempo de trabajo y el de viaje no afecten la función de utilidad (como en Train y McFaden, 1978) o sus utilidades marginales sean iguales ($\partial U/\partial W=\partial U/\partial t_i$). Por otra parte mientras mayor sea su utilidad marginal del trabajo, más negativa sea su utilidad marginal del tiempo de viaje y menor su utilidad marginal del consumo (que en este caso es igual a la utilidad marginal del ingreso), mayor será su *Valor* del tiempo.

Plateando un modelo igual a (2.120), Oort (1969) calcula la derivada total de la función de utilidad con respecto al tiempo de viaje, obteniendo el siguiente resultado:

$$-\frac{dU}{dt_i}=\frac{\partial U}{\partial I_f}w+\frac{\partial U}{\partial T_W}-\frac{\partial U}{\partial t_i} \tag{2.122}$$

Ahora bien, se puede demostrar que $\partial U/\partial I_f=\partial U/\partial G=-\partial V/\partial c_i=\lambda$, y luego, dividiendo al expresión (2.122) por la UMI, se obtiene un resultado análogo a la expresión (2.121) de Jara Díaz (1997).

Por otra parte, con el objeto de considerar restricciones de tiempo de consumo, en el espíritu de lo realizado por DeSerpa (1971), Jara Díaz (1997) replantea el problema (2.120) agregando la siguiente restricción:

$$L-\alpha G\geq 0 \quad \rightarrow K_L \tag{2.123}$$

con la que obtiene el siguiente resultado para el *Valor* subjetivo del tiempo

$$VST_i = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\partial U / \partial G - \alpha K_L} - \frac{\partial U / \partial t_i}{\partial U / \partial G - \alpha K_L} \tag{2.124}$$

donde la única diferencia con la expresión (2.121) radica en el hecho de que, en este caso, se tiene que la utilidad marginal del ingreso $\left(\lambda = \partial U / \partial G - \alpha K_L\right)$ será menor mientras el tiempo de ocio este más restringido por la necesidad de consumo.

Por último, Jara Díaz (1997) también analiza el siguiente modelo, donde a diferencia de (2.120) considera al ingreso como un parámetro exógeno y donde el individuo debe asignar determinada cantidad de tiempo mínimo a esta actividad.

$$\begin{aligned} & Max U(G, L, T_W, t_i) \\ & s.a \\ & I_f - G - c_i = 0 \\ & \tau - T_W - L - t_i = 0 \\ & T_W - T_W^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_W \end{aligned} \tag{2.125}$$

A partir de este planteamiento, el autor demuestra que el *Valor* del tiempo será igual a

$$VST_i = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\partial U / \partial T_W}{\partial U / \partial G} + \frac{K_W}{\partial U / \partial G} - \frac{\partial U / \partial t_i}{\partial U / \partial G} \tag{2.126}$$

2.4.3 Equivalencia entre el Enfoque Continuo y el Discreto

El último aspecto a considerar, con respecto a la modelación microeconómica del concepto del *Valor* del tiempo, es la equivalencia entre los enfoques de modelación continuo y discreto. Establecer esta equivalencia es importante, ya que cada enfoque tiene atributos diferentes. Del enfoque continuo se pueden rescatar, con relativa simplicidad, una serie de conceptos que enriquecen mucho el análisis, pero sin embargo, este enfoque presenta dificultades en su aplicación práctica. A partir del enfoque discreto en cambio, es fácil establecer una analogía directa con el comportamiento observado de los individuos, a través de los modelos de elección discreta, pero el análisis teórico se vuelve más complejo.

El primer trabajo que analiza específicamente este problema es el de Truong y Hensher (1985), en el que los autores, a partir de dos enfoques de modelación continua que llaman tipo Becker (1965) y tipo DeSerpa (1971), deducen expresiones para la función de utilidad indirecta condicional.

El enfoque que los autores llaman tipo Becker, es un modelo agregado en el consumo (*G*) y el tiempo de ocio (*L*), donde la analogía con Becker (1965) estaría en no considerar al tiempo de viaje como argumento de la función de utilidad y en no contemplar restricciones de consumo como lo hacía DeSerpa (1971). Formalmente, el modelo planteado en este caso es el siguiente:

$$\begin{gathered} Max U = U(G, L) \\ s.a \\ G \leq I - c_i \rightarrow \lambda \\ L \leq \tau - t_i \rightarrow \mu \end{gathered} \tag{2.127}$$

De la evaluación de las condiciones de primer orden del problema (2.127), los autores deducen la siguiente expresión para la función de utilidad indirecta

$$V_i = \alpha - \lambda c_i - \mu t_i \tag{2.128}$$

donde λ y μ son los multiplicadores de Lagrange del problema (2.126), que se interpretan como la utilidad marginal del ingreso y del tiempo respectivamente y que, dada la formulación del problema, corresponden a las derivadas parciales de la utilidad, con respecto al ingreso (*G*) y el tiempo de ocio (*L*), respectivamente. De esta manera, Truong y Hensher (1985) señalan que, para el caso de una formulación teórica del tipo (2.127), el *Valor* del tiempo obtenido a partir de los modelos de elección discreta corresponde a la razón entre los multiplicadores de la restricción de tiempo y la de ingreso.

$$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\theta_t}{\theta_c} = \frac{\mu}{\lambda} \tag{2.129}$$

El enfoque que los autores llaman tipo DeSerpa, tiene la particularidad de considerar al tiempo de viaje como argumento de la función de utilidad, además de una restricción de consumo para el tiempo de viaje, similar a la planteada por DeSerpa (1971). El modelo planteado es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
&Max \quad U = U(G, L, t_i) \\
&\qquad s.a \\
&G \leq I - c_i \quad \rightarrow \lambda \\
&L \leq \tau - t_i \quad \rightarrow \mu \\
&a_i c_i \leq t_i \quad \rightarrow K_i
\end{aligned}
\tag{2.130}
$$

donde a_i corresponde al tiempo de viaje mínimo dado el costo del modo y K_i es el multiplicador de Lagrange de dicha restricción. A partir de este modelo, los autores deducen la siguiente expresión para la función de utilidad indirecta condicional:

$$
V_i = \alpha - \lambda c_i - (\mu - K_i) t_i \tag{2.131}
$$

De esta manera, los autores señalan que el *Valor* del tiempo obtenido de los modelos de elección discreta, cuando se supone una formulación microeconómica del tipo (2.130), corresponde a la diferencia entre el Valor del tiempo como recurso y el Valor de ahorrar tiempo de viaje, definidos por DeSerpa (1971).

$$
VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\theta_t}{\theta_c} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{K_i}{\lambda} \tag{2.132}
$$

Bates y Roberts (1986) y Bates (1987) realizan una crítica al trabajo de Truong y Hensher (1985) respecto a sus matemáticas y la interpretación de los resultados. Los autores obtienen la misma utilidad modal que Truong y Hensher (1985) para el caso del enfoque tipo Becker, pero para el caso del enfoque DeSerpa, el resultado es diferente. El modelo utilizado para el enfoque DeSerpa en este caso, difiere sólo en el hecho de considerar que la restricción de tiempo mínimo de viaje no depende de su costo, sino que es exógena. Formalmente, el modelo planteado es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
&Max \quad U = U(X, L, t_i) \\
&\qquad s.a \\
&I - c_i - PX \geq 0 \quad \rightarrow \lambda \\
&\tau - t_i - L \geq 0 \quad \rightarrow \mu \\
&t_i - t_i^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_i
\end{aligned}
\tag{2.133}
$$

donde las condiciones de primer orden de este problema serían las siguientes:

$$
\frac{\partial U}{\partial X} = \lambda P; \quad \frac{\partial U}{\partial L} = \mu; \quad \frac{\partial U}{\partial t_i} = \mu - K_i \tag{2.134}
$$

Para obtener una expresión para la función de utilidad indirecta condicional, Bates y Roberts (1986) y Bates (1987) realizan una aproximación de primer orden de la función de utilidad directa, en torno al punto óptimo

$$U \approx a + \left.\frac{\partial U}{\partial X}\right|_{X^*} X + \left.\frac{\partial U}{\partial L}\right|_{L^*} L + \left.\frac{\partial U}{\partial t_i}\right|_{t_i^*} t_i \tag{2.135}$$

luego, reemplazando las condiciones de primer orden (2.132) en la expresión (2.135), además de las restricciones de tiempo e ingreso, Bates y Roberts (1986) y Bates (1987) llegan a la siguiente formulación de la función de la utilidad indirecta condicional:

$$V_i = \alpha - \lambda c_i - K_i t_i \tag{2.136}$$

de forma tal que, en este caso, el Valor del tiempo calculado con los modelos de elección discreta correspondería al concepto de Valor de ahorrar tiempo definido por DeSerpa (1971), lo que constituye una gran diferencia con el trabajo de Truong y Hensher (1985). Formalmente, la equivalencia se expresa de la siguiente manera.

$$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\theta_t}{\theta_c} = \frac{K_i}{\lambda} \tag{2.137}$$

Truong y Hensher (1987) intentan responder algunas de las críticas planteadas por Bates y Roberts (1986) y Bates (1987). Reconocen que la expresión válida para la función de utilidad indirecta, en el caso de un modelo del tipo DeSerpa es (2.136) en vez de (2.131) como argumentaban en su trabajo original. Sin embargo, dado que lo relevante en los modelos de elección discreta es la diferencia entre alternativas, el resultado sería equivalente ya que, al comparar dos alternativas mediante la función (2.131), el término μ que acompaña al tiempo de viaje, desaparece, obteniéndose la misma expresión correspondiente a la diferencia de dos alternativas ($K_i - K_j$).

Por otra parte, Bruzelius (1979) define el concepto de valoración del tiempo como "...la disposición a pagar del consumidor, por ahorrar una unidad marginal de tiempo en un viaje, a cierto nivel de ingreso..." (pp.41) y señala que este corresponde a la razón entre los multiplicadores de la restricción de tiempo mínimo y el de la restricción de ingreso del problema (2.88)-(2.92). Formalmente, el Valor del tiempo según Bruzelius (1979) corresponderá a :

$$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{1}{B_i} \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial I} \qquad (2.138)$$

donde B_i corresponde al número de viajes, en el modelo utilizado por el autor. Este resultado podría ser interpretado en el sentido de la equivalencia entre los enfoques discreto y continuo. En efecto, si reescribimos la expresión anterior, recordando que para el caso de la actividad viajar la utilidad indirecta marginal del ingreso es igual al negativo de la del costo de viaje ($\partial V_i / \partial I = -\partial V_i / \partial c_i$), suponiendo un solo viaje por actividad ($B_i=1$) y considerando al negativo del tiempo de viaje como argumento en (2.138), se tiene que el Valor del tiempo de los modelos de elección discreta correspondería al concepto del Valor de ahorrar tiempo definido por DeSerpa (1971).

$$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\theta_t}{\theta_c} = \frac{K_i}{\lambda} \qquad (2.139)$$

Por último, cabe señalar el trabajo de Jara Díaz y Guevara (1999) donde, además de hacerse una revisión de los distintos enfoques de modelación teórica del Valor del tiempo desde un enfoque común, se realiza una demostración analítica de la equivalencia de los enfoques de modelación continuo y discreto utilizando un enfoque agregado en bienes y tiempo actividades.

2.5 Síntesis, Conclusiones y Comentarios

El principal aporte del primer grupo de trabajos denominado como *Basados en Actividades*, es el análisis conceptual del fenómeno, que podría motivar el desarrollo de nuevos trabajos basados en la teoría microeconómica. Dentro de los aportes conceptuales de estos trabajos, se cuenta la definición de términos como el de *agenda* y *patrón* de actividades, cuya diferencia radica en el hecho de que el segundo incluye el instante de tiempo en que las actividades son realizadas, además del tiempo asignado, la localización y los modos elegidos, que son considerados en el primero. Otro aporte de estos trabajos radica en el análisis del efecto de ciertas variables que, en forma intuitiva, afectarían el proceso de toma de decisiones de transporte, entre las que se cuentan, por ejemplo, el efecto del ciclo de vida de la familia, la inercia en el comportamiento y el género, entre otros. Por último, cabe señalar que el análisis conceptual utilizado en algunos de estos trabajos, acerca de la forma en que el individuo tomaría las decisiones, enriquecido con el marco microeconómico de modelación, podría llegar a ser una herramienta muy poderosa en el análisis del comportamiento de los individuos, principalmente a través de la creación de programas computacionales como STARCHILD (Recker *et a*l, 1986).

Con respecto al enfoque de producción en el hogar, conceptualmente parece ser el más correcto al considerar que no son ni los bienes consumidos ni los tiempos asignados a las actividades los objetos de decisión de los individuos, sino las actividades o *bienes finales* en si mismas. Sin embargo, tal como señala Gronau (1986), la utilización de este enfoque tiende a obscurecer el problema y resulta complejo obtener resultados teóricos importantes sin suponer que los *bienes finales* (Z_i) pueden ser descritos por el tiempo que se asigna a su producción (T_i), tal como ocurre en el enfoque de Jara Díaz (1994) que será utilizado en esta tesis.

En cuanto a la especificación de los modelos microeconómicos, existen dos aspectos relevantes a considerar: los argumentos de la función de utilidad y las restricciones utilizadas. Con respecto a los argumentos de la función de utilidad, en esta tesis y en la línea de lo señalado por Jara Díaz (1998), ha parecido razonable utilizar el vector de tiempo asignado a actividades y el vector de bienes consumidos en el entendido que el primero constituye el objeto de decisión de los individuos y el segundo sólo caracteriza al primero. Con respecto a las restricciones utilizadas, además de las de tiempo e ingreso, ha parecido razonable establecer ciertas funciones de transformación entre bienes y tiempo, siendo el trabajo de Calderón (1999) el más completo en este sentido y por lo tanto, el que se utilizará en esta tesis.

Con respecto al Valor subjetivo del tiempo (principal aspecto a desarrollar en esta tesis), se detectaron varias líneas de investigación posibles: el estudio del efecto de diversos fenómenos en la interpretación teórica del Valor del tiempo ahorrado en una actividad, tales como el consumo de bienes (Gronau, 1986); la congestión y la programación horaria (Small, 1982); la equivalencia entre los enfoques de modelación continua y discreta (Bates y Roberts, 1987; Jara Díaz y Guevara, 1999); y la medición empírica de los distintos conceptos de Valor del tiempo desarrollados por DeSerpa (1971). En la Tabla 2-1 se sintetizan los principales resultados teóricos para el Valor subjetivo del tiempo encontrados en la literatura.

Otras líneas de investigación interesantes detectadas en la literatura son, por ejemplo, la especificación de modelos de demanda por tiempo asignado a actividades (Kraan, 1996; Munshi, 1993; Damm y Lerman , 1981; y Calderón, 1999), el estudio del efecto del tiempo de sueño en el comportamiento (Biddle y Hammermesh, 1990), la modelación de la interacción de los miembros de un hogar (Graham y Green, 1984) y el estudio del patrón de actividades con una modelación instantánea del comportamiento (Winston, 1987). A partir del enfoque de modelación propuesto por Calderón (1999), esta tesis se abocará a dar respuesta a varios de estos puntos en los próximos capítulos.

Tabla 2-1 Síntesis de las Expresiones Teóricas para el Valor Subjetivo del Tiempo

Autor	*Valor del tiempo*
Becker (1965)	$\frac{\mu}{\lambda} = w$
Johnson (1966)	$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda}$
Oort (1969)	$-\frac{dU/dt}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial t}{\lambda}$
De Serpa (1971)	$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda}$
De Donnea (1971)	$\frac{\frac{\partial U}{\partial Z_i} \frac{\partial Z_i}{\partial T_i}}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_V}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_V}{\lambda}$
Evans (1972)	$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} - w_i$
Small (1982)	$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} - v \frac{\partial F / \partial T_W}{\lambda}$
Gronau (1986)	$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} - P_W \frac{\partial X_W}{\partial T_W}$
Bates (1987)	$VST = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\theta_t}{\theta_c} = \frac{K_i}{\lambda}$
Jara-Díaz (1997)	$\frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\partial U / \partial G - \alpha K_L} - \frac{\partial U / \partial t_i}{\partial U / \partial G - \alpha K_L}$

3 EL VALOR DEL TIEMPO EN EL CONTEXTO DE LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES

3.1 Introducción

En este capítulo se analizará el efecto que tiene en la interpretación teórica del Valor subjetivo del tiempo la utilización de un enfoque de modelación que considera una familia de funciones de transformación entre bienes y tiempo como las planteadas por Calderón (1999). Se demostrará que la consideración de este tipo de modelos de comportamiento implica agregar a los términos que explicaban el Valor subjetivo de tiempo (la tasa salarial -Train y McFadden, 1978-, el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa -Johnson, 1966- y el Valor del tiempo de viaje en la utilidad directa -DeSerpa, 1971-), un nuevo término que da cuenta del efecto que el ahorro de tiempo de viaje tiene en el nivel del consumo mínimo de bienes. Por otra parte, se demostrará (a través de una metodología más general que la utilizada por Bates en 1987), que los enfoques de modelación contínuo y discreto siguen siendo equivalentes al considerar el modelo de Calderón (1999).

La estructura de este capítulo es la siguiente: en la sección 3.2 se desarrollará un caso especial del modelo general planteado por Calderón (1999), que se denominará *DeSerpa Extendido*; en el sección 3.3 se estudiarán e interpretarán sus condiciones de equilibrio; en el sección 3.4 se desarrollarán y estudiarán expresiones para el VST; en el sección 3.5 se comprobará la equivalencia de los enfoques Continuo y Discreto, en cuanto al VST, con la inclusión de las funciones de transformación de Calderón (1999). Por último, en el sección 3.6 se presenta una síntesis del capítulo.

3.2 Planteamiento del Modelo Tipo DeSerpa Extendido

A partir del modelo planteado por Calderón (1999), donde se utiliza en enfoque desagregado en bienes y actividades para analizar a los viajes, en este punto desarrollaremos un enfoque que denominaremos *DeSerpa Extendido*, pues corresponde a una generalización de trabajo realizado por DeSerpa (1971).

Como se vio en el capítulo anterior, el modelo planteado por Calderón (1999) es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
& Max \quad U(X,T) = U(X,\overline{T},T_{Wv},T_{Wf},t_V) \\
& \qquad\qquad s.a. \\
& I_f + wT_{Wv} - P^t X - c_v \geq 0 \rightarrow \lambda \qquad (3.1) \\
& \tau - T_{Wf} - T_{Wv} - t_V - \sum_{i=1}^{n'} T_i = 0 \rightarrow \mu \\
& T_i - h_i(X) \geq 0 \quad \rightarrow K_i^a \quad \forall i \neq V, W_f \qquad (3.2) \\
& T_i - T_i^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_i^b \quad \forall i \neq V, W_f \qquad (3.3) \\
& X_k - g_k(T) \geq 0 \quad \rightarrow \Psi_k \quad \forall k = 1,...,m \qquad (3.4)
\end{aligned}
$$

En éste se supone que el individuo maximiza una función de utilidad que depende tanto del vector de bienes consumidos (X), como del tiempo asignado a todo tipo de actividades[11] (T), incluidas el viaje (t_V), el trabajo fijo (T_{Wf}) y el trabajo variable (T_{Wv}), donde la única diferencia entre estas dos actividades es que se supone que trabajo variable genera ingresos marginales al individuo a una tasa salarial (w). Por otra parte, el modelo considera parámetros asociados al tiempo total disponible (τ), el vector de precios de los bienes (P), el ingreso fijo (I_f), el costo total de la actividad viajar (c_v) y los multiplicadores de Lagrange de cada una de las restricciones $\left(\mu, \lambda, K_i^a, K_i^b, \Psi_K\right)$. Cabe destacar que la autora considera al tiempo y el costo de viaje (t_v ,c_v), además del tiempo de trabajo fijo, como variables exógenas al individuo.

Además de las restricciones de ingreso y tiempo (3.1) el modelo contempla un conjunto de funciones de transformación entre bienes y tiempo (3.2) – (3.4).Las dos primeras corresponden a restricciones de tiempo mínimo (3.2) y (3.3) para cada una de las actividades, de las cuales sólo una será activa, y por lo tanto relevante, en cada caso. El primer tipo, que llamaremos *endógenas* y que está representado por la restricción (3.2), es análoga a la restricción de consumo planteada por DeSerpa (1971), e indica que el tiempo mínimo que debe ser asignado a cada actividad depende del conjunto de bienes consumidos a través de una función $h_i(X)$, lo que no impide que el individuo les dedique más tiempo si así lo desea. El segundo tipo, que llamaremos *exógenas* y que están representadas por (3.3), supone que el tiempo mínimo es exógeno T_i^{MIN}. Según Calderón (1999) este tipo de restricciones se justifica cuando las relaciones entre tiempo asignado a distintas actividades, como las planteadas por Evans (1972), no pueden establecerse a través de los bienes, como ocurriría para las actividades dormir o viajar.

---

[11] El vector de actividades $\overline{T}$ incluye a todo tipo de actividades realizadas por el individuo, a excepción del trabajo fijo, el trabajo variable y el viaje, que han sido separadas solo por efectos de análisis.

La restricción (3.4) representa lo que Calderón denomina *curva de isotiempo* y que indica que, dado un vector tiempo asignado a actividades, es necesario contar con una cantidad mínima de cada uno de los bienes considerados, para poder llevarlas a cabo. Sin embargo, si el individuo contase con una cantidad de bienes mayor a este mínimo requerido, también podría realizar el vector de actividades considerado.

Con el fin de realizar una aplicación específica del modelo planteado por Calderón (1999) en el análisis del Valor subjetivo del tiempo, en esta tesis consideraremos una modificación del mismo. En primer término, se considerará que el tiempo asignado a cada una de las actividades, incluido el tiempo de viaje, es una variable de decisión del individuo, además de considerar que la actividad Trabajo tine asociada un salario marginal[12]. Por otra parte, dado que sólo una de las restricciones de tiempo mínimo será activa para cada actividad, en esta tesis consideraremos restricciones *exógenas* (3.3) para la actividad viajar[13] y el trabajo fijo; y restricciones *endógenas* (3.2) para las otras actividades. De esta forma, el modelo microeconómico de comportamiento que llamaremos *DeSerpa Extendido* y que será utilizado de aquí en adelante para realizar el análisis teórico del Valor subjetivo del tiempo, puede representarse por el siguiente problema de optimización:

$$
\begin{aligned}
& Max \quad U(X,T) = U(X,\overline{T},T_{Wf},T_W,T_V) \\
& \qquad s.a. \\
& I_f + wT_W - P^t X - c_v \geq 0 \rightarrow \lambda && (3.5) \\
& \tau - \sum_{i=1}^{n} T_i = 0 \rightarrow \mu \\
& T_i - h_i(X) \geq 0 \quad \rightarrow K_i \quad \forall i \neq V, Wf && (3.6) \\
& T_j - T_j^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_j \quad j = V, W_f && (3.7) \\
& X_k - g_k(T) \geq 0 \quad \rightarrow \Psi_k \quad \forall k = 1,\dots,m && (3.8)
\end{aligned}
$$

Por último, cabe destacar que el modelo de Calderón (1999), y por lo tanto el enfoque utilizado en esta tesis, no considera la localización de actividades ni bienes en el espacio, aspecto que podría ser relevante en el estudio de los viajes en el contexto de las actividades que los motivan. Un enfoque alternativo que podría servir para realzar este tipo de análisis es el de Jara Díaz *et. al.* (1994).

---

[12] Si bien el hecho de considerar que la única actividad que tiene salario o "precio marginal" es el trabajo, es bastante restrictivo, la ausencia de datos con respecto al salario de otras actividades hacen recomendable tomar este enfoque. En todo caso, los resultados analíticos obtenidos para esta actividad, a partir de este modelo, podrían ser extendidos a cualquiera otra que contemplara salario.

3.3 *Análisis e Interpretación de las Condiciones de Equilibrio*

3.3.1 Condiciones de Primer Orden

Las condiciones de primer orden, del problema (3.5) - (3.8) son :

$$\frac{\partial U}{\partial T_i} - \mu + K_i - \sum_{k=1}^{m} \Psi_k \left(\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_i} \right) = 0 \quad \forall i \neq W \tag{3.9}$$

$$\frac{\partial U}{\partial T_W} + \lambda w - \mu + K_W - \sum_{k=1}^{m} \Psi_k \left(\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_W} \right) = 0 \tag{3.10}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X_K} + \Psi_K - \lambda P_k - \sum_{i=1}^{m} K_i \left(\frac{\partial h_i(X)}{\partial X_k} \right) = 0 \quad \forall k = 1,\ldots, m \tag{3.11}$$

a las que, por holgura complementaria, se agregan las siguientes:

$$\mu \neq 0; \quad \tau - \sum_{i=1}^{n} \overline{T}_i - T_W - T_V = 0 \tag{3.12}$$

$$\lambda \geq 0; \quad \left(I_F + wT_W - P^t X - c_v \right) \lambda = 0 \tag{3.13}$$

$$K_i \geq 0; \quad \left(T_i - h_i(X) \right) K_i = 0 \quad i \neq V, W_f \tag{3.14}$$

$$K_j \geq 0; \quad \left(T_j - T_j^{MIN} \right) K_j = 0 \quad j = V, Wf \tag{3.15}$$

$$\Psi_k \geq 0; \quad \left(X_k - g_k(T) \right) \Psi_k = 0 \quad \forall k = 1,\ldots, m \tag{3.16}$$

Con respecto a la restricción de ingreso, si bien es teóricamente posible que no sea activa, supondremos que siempre lo es de forma tal que su multiplicador de Lagrange (λ) que puede interpretarse como la utilidad marginal del ingreso (UMI) será siempre positivo, lo que se infiere de la condición (3.13). Por otra parte, cabe destacar que (3.14) (3.15) y (3.16) implican que, cuando las restricciones de tiempo o bienes mínimos sean activas, sus respectivos multiplicadores de Lagrange serán positivos y en caso contrario serán nulos.

Para analizar las implicancias de las condiciones de equilibrio del problema (3.5) – (3.8), realizaremos supuestos simplificatorios, que iremos levantando en forma progresiva.

---

[13] Ver Bruzelius (1979) para una interpretación intuitiva de este tipo de restricciones en el caso del transporte.

3.3.2 Equilibrio Simple

Como primer paso, supondremos que las restricciones representadas por (3.6) – (3.8) no son activas, con lo que sus respectivos multiplicadores son nulos, y que la tasa salarial es nula, con lo que la actividad trabajo es equivalente a todas las demás. En este caso, el modelo se reduce a la siguiente problema de optimización:

$$\begin{gathered} Max \quad U(X,T) \\ s.a. \\ I_f - P^t X \geq 0 \quad \rightarrow \lambda \\ \tau - \sum_{i=1}^{n} T_i = 0 \quad \rightarrow \mu \end{gathered} \tag{3.17}$$

cuyas condiciones de primer orden se pueden escribir como

$$\frac{\partial U}{\partial T_i} = \mu \quad \forall i = 1,...,n \tag{3.18}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X_K}\frac{1}{P_k} = \lambda \quad \forall k = 1,...,m \tag{3.19}$$

además de las condiciones de holgura complementaria.

La expresión (3.18) indica que la utilidad marginal del tiempo asignado a todo tipo de actividades, para el modelo (3.17), será igual a la “utilidad marginal del tiempo” (UMT), que es independiente de la actividad a la cual se esté asignando el tiempo e igual al multiplicador del Lagrange de la restricción de tiempo (μ) y por lo tanto igual entre todas las actividades.

Equivalentemente, la expresión (3.19) implica que la utilidad marginal del consumo de cada bien, dividida por su precio, es igual a la UMI, que es independiente del bien que se esté consumiendo y por lo tanto, igual para todos los bienes.

Estas condiciones se pueden expresar en forma gráfica (Figura 3-3) para un caso especial donde consideramos sólo a dos bienes (X_1 y X_2) y a dos actividades (T_1 y T_2) como variables y todas las demás fijas, de manera tal que es posible redefinir al tiempo disponible como $\tau' = \tau - \sum_{i \neq 1,2} T_i$ y al ingreso fijo como $I_f' = I_f - \sum_{k \neq 1,2} P_k X_k$.

Para el caso de las actividades que se observan en la Figura 3-3, la solución del problema resulta estar en el punto de tangencia entre la restricción de tiempo y la función de utilidad, cumpliéndose la condición (3.20) que se deduce directamente de la condición de equilibrio (3.18).

$$\frac{\partial U}{\partial T_1} \Bigg/ \frac{\partial U}{\partial T_2} = 1 \qquad (3.20)$$

Cabe destacar que la expresión (3.20) sólo es compatible con utilidades marginales del tiempo asignado positivas para ambas actividades, como en la Figura 3-3, o negativas para ambas.

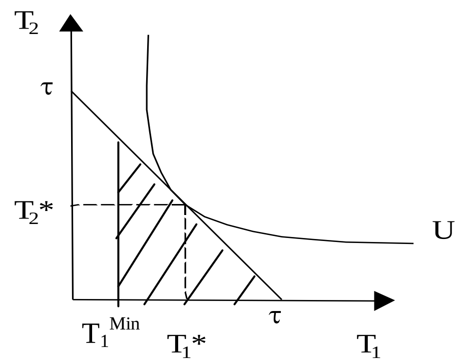


Figura 3-3 Equilibrio simple en actividades

Para el caso de los bienes, el resultado es equivalente, ya que la solución del problema resulta estar en el punto de tangencia entre la restricción de ingreso y la función de utilidad (Figura 3-4). De esta forma, se cumplirá la identidad (3.21), que en la teoría *neoclásica* se interpreta como que la tasa de sustitución en el consumo de dos bienes debe ser igual a la razón entre sus precios y que se puede deducir en forma directa de la ecuación (3.19).

$$\frac{\partial U}{\partial X_1} \Bigg/ \frac{\partial U}{\partial X_2} = \frac{P_1}{P_2} \qquad (3.21)$$

En síntesis, para el modelo representado por el problema (3.17), la razón entre las utilidades marginales de los tiempos asignados es uno y la razón entre las utilidades marginales de los bienes consumidos es igual a la razón de sus precios, lo que corresponde a un resultado tradicional de la teoría neoclásica del consumidor. Se observa además que para este caso no existe interrelación entre el espacio del tiempo asignado y el de los bienes, al menos en los aspectos analizados.

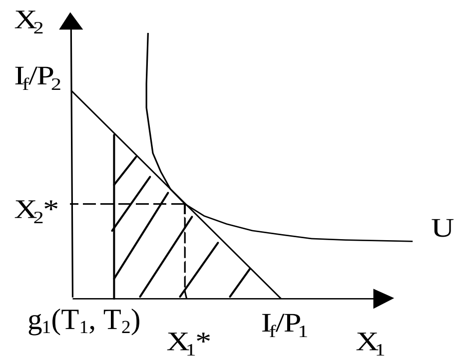


Figura 3-4 Equilibrio simple en bienes

3.3.3 Equilibrio con Restricción de Tiempo Mínimo

El segundo caso que analizaremos considera la inclusión de una restricción de tiempo mínimo para una de las actividades (actividad uno). Formalmente, esto significa agregar al problema (3.17) una restricción del tipo (3.6) ó (3.7). Sólo por simplicidad consideraremos una restricción del tipo *exógeno* (3.7); sin embargo, el análisis para una restricción del tipo *endógeno* es completamente equivalente. La restricción a considerar es la siguiente:

$$T_1 - T_1^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_1 \tag{3.22}$$

La condición de primer orden para los bienes es igual a (3.21) y la de la actividad no restringida al mínimo (actividad dos) dos será igual a (3.18). Para la actividad restringida al mínimo (actividad uno), la condición de primer orden será:

$$\frac{\partial U}{\partial T_1} + K_1 = \mu \tag{3.23}$$

donde $K_i \geq 0$ por condiciones de Kuhn Tucker.

En la Figura 3-5 se observa que el punto de equilibrio A no corresponde al punto de tangencia entre la restricción de tiempo y la función de utilidad, por lo que ya no sería valida la expresión (3.20), sino que se cumpliría que:

$$\frac{\partial U}{\partial T_1} \Big/ \frac{\partial U}{\partial T_2} < 1 \tag{3.24}$$

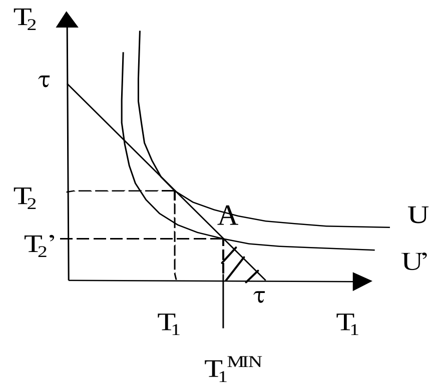


Figura 3-5 Equilibrio con tiempo mínimo

Este resultado gráfico, puede deducirse a partir de las condiciones de primer orden del problema, dividiendo las expresiones para las utilidades marginales del tiempo asignado a las actividades uno y dos[14]:

$$\frac{\partial U/\partial T_1}{\partial U/\partial T_2} = \frac{\mu - K_1}{\mu} = 1 - \frac{K_1}{\mu} < 1 \qquad (3.25)$$

Otra forma de interpretar este resultado, tal como señalaba Evans (1971), es que sólo cuando se suponen restricciones de tiempo mínimo en la modelación se pueden justificar incentivos para reasignación de tiempo entre actividades. En efecto, en la Figura 3-5 se observa que si la restricción de tiempo mínimo es activa, cualquier reducción en el tiempo mínimo requerido, en particular una reducción al nivel óptimo que se obtendría si no existiese esta restricción (T_1) aumenta el nivel de utilidad del individuo, por lo que el individuo estría interesado en efectuar esta reasignación de tiempo. Por el contrario, de la Figura 3-3 se observa que en el caso de no existir una restricción de tiempo mínimo activa, una reasignación de tiempo de la actividad uno a la dos, deja indiferente al individuo, ya que las utilidades marginales de los tiempos asignados a ambas actividades son iguales.

[14] El problema representado en la Figura 3-3 permitiría definir conceptos como "efecto sustitución" y "efecto tiempo" entre actividades, análogos al efecto "sustitución" e "ingreso" relacionado con el consumo de bienes ante una variación de precios, sin embargo, este tema supera los alcances de esta tesis, por lo que su análisis queda propuesto para una investigación futura.

3.3.4 Equilibrio con Restricción de Bienes Mínimos

El tercer caso que analizaremos en forma gráfica corresponde a considerar una restricción de bienes mínimos activa para uno de los bienes involucrados. En este caso, al problema (3.17) se agrega la siguiente restricción:

$$X_1 - g_1(T_1, T_2) \geq 0 \quad \rightarrow \Psi_1 \tag{3.26}$$

En este caso, la condición de primer orden asociada al consumo del bien uno será:

$$\frac{\partial U}{\partial X_1}\frac{1}{P_1} + \Psi_1 = \lambda \tag{3.27}$$

Como se aprecia en la Figura 3-6, la consideración de una restricción de consumo mínimo activa produce un equilibrio a un nivel de utilidad *U'* menor. Cualquier disminución en $g_1(T_1,T_2)$, en particular una reducción hasta el nivel del equilibrio simple (X_1), aumentaría el nivel de utilidad del individuo, es decir, el individuo tendría incentivos para reducir su consumo de ese bien[15].

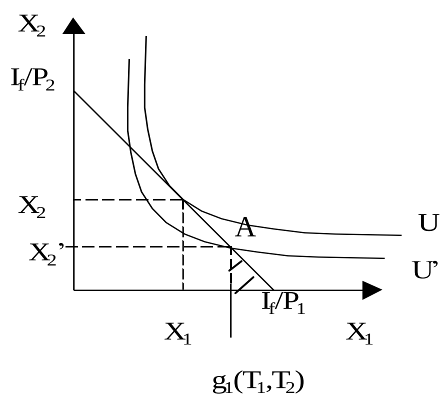


Figura 3-6 Equilibrio con bienes mínimos

[15] Cabe destacar que este análisis podría perder sentido cuando las restricciones de consumo mínimo estén asociadas a necesidades biológicas básicas del individuo, caso en el cual la utilidad de éste se haría infinitamente negativa al acercarse a su mínimo necesario, es decir, no se mantendría continua como en la Figura 3-4. Sin embargo, este no sería el caso, ya que las restricciones de consumo mínimo planteadas (3.26) corresponden al consumo necesario para realizar determinado conjunto de actividades y no a niveles mínimos de subsistencia y, aunque así fuera, es posible mencionar ejemplos como el del drogadicto que insiste en inyectarse químicos nocivos, o el del estudiante que prepara un examen hasta altas horas del noche, donde se evidencian diferencias entre las preferencias y las necesidades básicas del individuo que permitirían realizar análisis como el de la Figura 3-4 aún en ese caso.

Por otra parte, se observa que el punto de equilibrio no corresponde al punto de tangencia entre la restricción de ingreso y la función de utilidad, por lo que la tasa de sustitución en el consumo de los bienes uno y dos, **no será igual a la razón de sus precios** como se desprendía de la teoría neoclásica, sino que menor.

$$\frac{\partial U}{\partial X_1} \bigg/ \frac{\partial U}{\partial X_2} < \frac{P_1}{P_2} \tag{3.28}$$

Este resultado gráfico, puede deducirse a partir de las condiciones de primer orden del problema dividiendo las expresiones para las utilidades marginales del consumo de los bienes uno y dos.

$$\frac{\partial U / \partial X_1}{\partial U / \partial X_2} = \frac{\lambda P_1 - \psi_1}{\lambda P_2} = \frac{P_1}{P_2} - \frac{\psi_1}{P_2} < \frac{P_1}{P_2} \tag{3.29}$$

La expresión (3.29) muestra que cuando un bien (X_2 en este caso) está restringido al mínimo de su consumo, el equilibrio no ocurre en el punto de tangencia entre la restricción de ingreso y la función de utilidad. En estas condiciones, la utilidad marginal del consumo del bien restringido será relativamente menor a la que se tendría en el caso no restringido.

3.3.5 Equilibrio con Trabajo Variable

El último caso que analizaremos corresponde a la inclusión de una relación entre el espacio de tiempo y el de bienes, a través de la consideración que la asignación marginal de tiempo a una actividad, genera ingresos a la persona, relajando su restricción de ingreso y permitiendo así, el consumo de bienes. En otras palabras, consideraremos que existe una actividad que llamaremos "trabajo en el mercado" de duración T_W y que reporta ingresos al individuo a una tasa w. Formalmente, el problema es el siguiente:

$$\begin{gathered} Max U(X,T) \\ s.a. \\ I_f + wT_W - P^t X \geq 0 \quad \rightarrow \lambda \\ \tau - \sum_{i=1}^{n} T_i = 0 \quad \rightarrow \mu \end{gathered} \tag{3.30}$$

cuyas condiciones de primer orden se pueden escribir como

$$\frac{\partial U}{\partial T_i} = \mu \quad \forall i \neq W \tag{3.31}$$

$$\frac{\partial U}{\partial T_W} + \lambda w = \mu \tag{3.32}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X_K}\frac{1}{P_k} = \lambda \quad \forall k = 1,...,m \tag{3.33}$$

además de las condiciones de holgura complementaria.

En este caso no se realizará un análisis gráfico de la estática comparativa del problema, sino sólo de las condiciones de equilibrio, debido a que esto resultaría excesivamente complejo. Para desarrollar este análisis, se considerará la actividad “trabajo en el mercado” (T_W) junto a una segunda actividad (T_2) que no genera ingresos al individuo, además de dos bienes. Debido a la existencia de interrelaciones entre el espacio de bienes y el de tiempo a través de la asignación de tiempo al trabajo, es posible establecer diferentes relaciones entre los cuatro pares de variables consideradas, las que son representadas en los cuatro gráficos de la Figura 3-7.

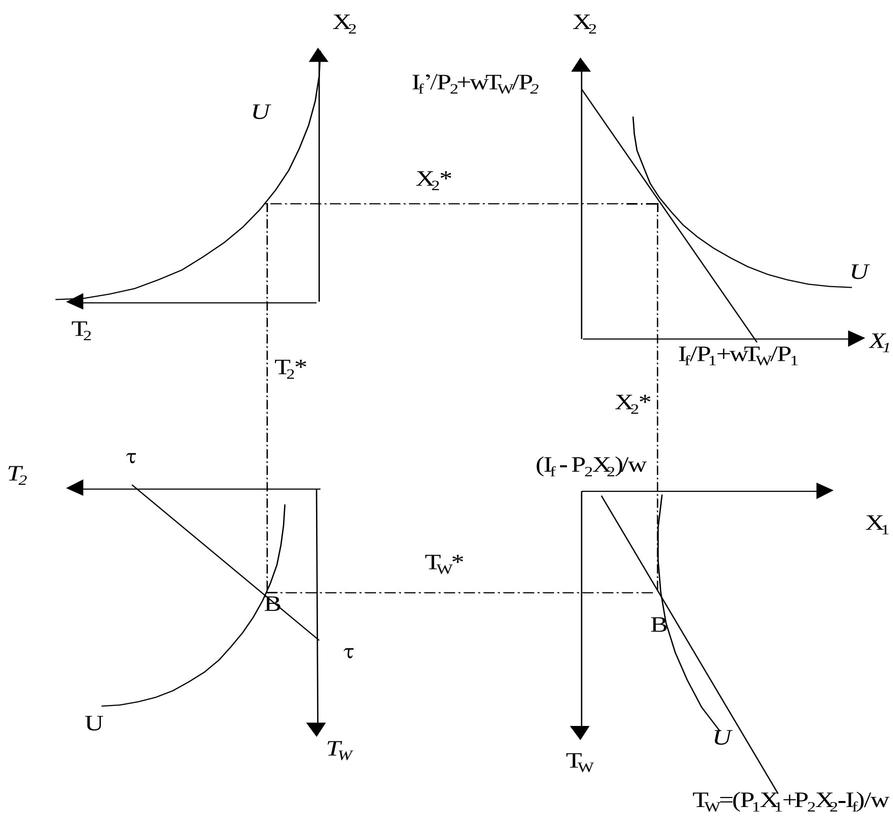


Figura 3-7 Equilibrio con trabajo variable

El gráfico superior derecho de la Figura 3-7 indica que, en el espacio de los bienes, el punto de equilibrio se produce en el punto de tangencia entre la función de utilidad y la restricción de ingreso. En otras palabras, se sigue cumpliendo la expresión (3.21) para la razón entre las utilidades marginales de los bienes. Cabe señalar que en este caso, la pendiente de la función de utilidad graficada, supone que la utilidad marginal del consumo es positiva para ambos bienes.

Con respecto al gráfico inferior derecho, la función de utilidad graficada supone que al individuo le desagrada trabajar y le agrada el consumo del bien X_1, de forma tal que, mientras más tiempo dedique al trabajo, más consumo (a tasas crecientes[16]) del bien X_1 será necesario para obtener el mismo nivel de utilidad. En este espacio la restricción de ingreso toma la forma (3.34) y a diferencia de lo que ocurría en el espacio de los bienes el punto de equilibrio no se produce donde esta restricción es tangente a la función de utilidad.

$$T_W = \left(P_1 X_1 + P_2 X_2 - I_f\right) / w \qquad (3.34)$$

De las condiciones de primer orden se puede deducir que:

$$\frac{\partial U / \partial T_W}{\partial U / \partial X_1} = \frac{\mu - \lambda w}{\lambda P_1} = -\frac{w}{P_1} + \frac{\mu}{\lambda P_1} > -\frac{w}{P_1} \qquad (3.35)$$

De esta forma, sólo en el caso en que la utilidad marginal del tiempo (μ) sea nula, el equilibrio en el gráfico T_W *v/s* X_1 se dará en el punto de tangencia entre la restricción de ingreso y la función de utilidad, de modo que la tasa de sustitución entre el tiempo de trabajo y el bien 2 sea igual a la razón entre su salario su precio respectivamente.

Para el gráfico superior izquierdo, donde se representa a X_2 v/s T_2 , se supone que ambas variables agradan al individuo. En este caso los niveles de consumo están determinados por los equilibrios en los otros espacios.

Por último, para el caso del gráfico inferior izquierdo, donde se muestra T_W *v/s* T_2 , se supone que al individuo le gusta asignar tiempo a la actividad T_2, pero le desagrada asignarlo a T_W, de forma tal que la pendiente de la función de utilidad es positiva, ya que se supone que, para mantener un mismo nivel de utilidad, a mayor tiempo de trabajo, se necesita más tiempo asignado a T_2 , a tasas crecientes [16].

---

[16] Este supuesto implica la concavidad de la función de utilidad graficada que, en todo caso, podría ser diferente.

De las condiciones de primer orden se desprende que

$$\frac{\partial U/\partial T_W}{\partial U/\partial T_2} = \frac{\mu - \lambda w}{\mu} = 1 - \frac{\lambda w}{\mu} < 1 \tag{3.36}$$

De esta manera, al considerar ingresos laborales, la razón entre la utilidades marginales del tiempo de trabajo y otra actividad, no es uno, como se observa también del gráfico respectivo.

Otra forma de ver este resultado es mediante el análisis de las condiciones de primer orden para la actividad trabajo. Reordenando la expresión (3.32) se tiene que:

$$\partial U/\partial T_W = \mu - \lambda w \tag{3.37}$$

Ya que μ, λ y w son positivos se tendrá que si la utilidad marginal del trabajo es negativa, necesariamente la tasa salarial debe ser positiva. Por otra parte de la expresión (3.37) se puede inferir que, bajo los supuestos de este modelo, si a un individuo le gusta mucho una actividad, estará dispuesto a pagar por realizarla (w <0) una cantidad directamente proporcional (en valor absoluto) a su preferencia por la actividad.

3.3.6 Análisis General

Con respecto a la interpretación completa de las condiciones de primer orden (3.9) – (3.16) en casos combinados de restricciones de tiempo y bienes mínimos activas además de trabajo variable, no resulta conveniente realizar un análisis gráfico para estudiar los fenómenos presentes. Sin embargo, del análisis directo de las condiciones de primer orden es posible extraer algunas conclusiones.

Reescribiendo la ecuación (3.10) es posible obtener la siguiente expresión para la utilidad marginal del tiempo asignado al trabajo:

$$\partial U/\partial T_W = \mu - \lambda w - K_W + \sum_{k=1}^{m} \Psi_K \frac{\partial g_K(T)}{\partial T_W} \tag{3.38}$$

en la cual se identifican cuatro términos, de los cuales los tres primeros corresponden a efectos descritos por las figuras Figura 3-3, Figura 3-7 y Figura 3-5 respectivamente y donde los fenómenos allí analizados tienen el mismo efecto en la utilidad marginal del tiempo asignado, en este caso, a la actividad trabajo. El último término de la expresión (3.38) corresponde al efecto de la asignación de tiempo al trabajo en el consumo de bienes: si asignar tiempo al trabajo aumenta el consumo mínimo requerido de algún bien k ($\partial g_K(T)/\partial T_W > 0$), el consumo de ese bien se modificará siempre y cuando su respectiva restricción de consumo mínimo sea activa, y esta variación afectará el nivel de utilidad del individuo en una cantidad $\Psi_K > 0$ por unidad de variación en el consumo. Este efecto, sumado sobre todos los bienes, debiera verse compensado por una utilidad marginal del tiempo de trabajo algebraicamente mayor.

Para el caso de una actividad distinta del trabajo se tendrá, reordenando la expresión (3.9), una expresión para la utilidad marginal de su tiempo asignado que es equivalente a la expresión (3.38) en todo, a excepción de la ausencia del efecto de la tasa salarial.

Por último, con respecto a los bienes es posible plantear la siguiente expresión para la utilidad marginal de su consumo, la que surge de un reordenamiento de la condición (3.11)

$$\partial U/\partial X_k = \lambda P_k - \Psi_k + \sum_{i=1}^{n} K_i \frac{\partial h_i(X)}{\partial X_k} \tag{3.39}$$

en la cual se identifican tres términos. El primero indica que la utilidad marginal del consumo del bien k-ésimo debe ser por lo menos igual al efecto que el dinero gastado tiene en la utilidad del individuo, lo que surge del producto entre precio del bien (P_k) y la utilidad marginal del ingreso del individuo (λ). En ausencia de otros efectos, éste es el mismo que se describe en la Figura 3-4.

El segundo término de la expresión (3.39) (Ψ_k)corresponde a la variación en la función de utilidad debido a una relajación en la restricción de consumo mínimo del bien k-ésimo. Tal como se desprende de la expresión (3.29), cuando un bien se encuentra restringido al mínimo de su consumo su utilidad marginal será relativamente menor, lo que justifica el signo negativo del segundo término de la expresión.

El tercer término corresponde al efecto del consumo del bien k-ésimo en la asignación de tiempo mínimo a actividades. Si se tiene que el consumo de determinado bien, aumenta los requerimientos de tiempo mínimo a asignar a determinadas actividades ($\partial h_i(X)/\partial X_k > 0$) cuyas respectivas restricciones sean activas ($K_i > 0$), la expresión (3.39) indica que esta situación sólo puede explicarse por una utilidad marginal del consumo de ese bien mayor que en el caso que no existiera este efecto.

3.4 Análisis e Interpretación del Concepto de Valor Subjetivo del Tiempo

La interpretación teórica de los multiplicadores de Lagrange, en el marco de la teoría de la programación no lineal, es que éstos corresponden a la variación en el óptimo de la función de utilidad debido a una relajación marginal en la restricción respectiva (ver, por ejemplo, Luenberger, 1990).

De esta manera, el multiplicador μ, asociado a la restricción de tiempo del problema *DeSerpa Extendido*, puede interpretarse como la *utilidad marginal del tiempo* o la variación en el nivel de utilidad del individuo debido a una relajación en su restricción de tiempo. Equivalentemente, K_i puede interpretarse como la utilidad marginal de ahorrar tiempo en la actividad i-ésima; ψ_K puede interpretarse como la utilidad marginal de ahorrar consumo del bien k-ésimo; y finalmente λ, el multiplicador de la restricción de ingreso del problema, puede interpretarse como la utilidad marginal del ingreso.

A partir de la interpretación anterior de los multiplicadores de Lagrange, es posible definir, en la línea de lo señalado por DeSerpa (1971), tres conceptos de valoración del tiempo, como la razón entre multiplicadores.

El primero corresponde al *Valor del tiempo como recurso*, que se interpreta como la disponibilidad a pagar del individuo por una relajación en la restricción de tiempo, que podría deberse a un aumento en las horas del día o, más posiblemente, a un aumento en la expectativa de vida del individuo. Este se define como la razón entre la utilidad marginal del tiempo y la del ingreso.

$$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} \tag{3.40}$$

El segundo concepto corresponde al *Valor de ahorrar tiempo en la actividad i-ésima*. Éste se define como la razón entre la utilidad marginal de ahorrar tiempo en esa actividad y la utilidad marginal del ingreso y resulta ser, a diferencia del concepto anterior, dependiente de la actividad.

$$VST_{AHORRO\_i} = \frac{K_i}{\lambda} \tag{3.41}$$

De las condiciones (3.14) y (3.15) se desprende que el *Valor* de ahorrar tiempo en la actividad i-ésima será nulo si esta actividad no está restringida al mínimo y positivo si lo está. En otras palabras, el individuo estará dispuesto a pagar por reducir el tiempo asignado a una actividad, siempre y cuando se este viendo obligado a asignarle más tiempo del que desearía.

El tercer concepto corresponde al *Valor de asignar tiempo a la actividad i-ésima* o el *Valor del tiempo en la utilidad directa*. Este se define como la razón entre la utilidad marginal del tiempo asignado a esa actividad, partido por la utilidad marginal del ingreso y, al igual que el anterior, depende de la actividad considerada.

$$VST_{ASIGNADO\_i} = \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} \tag{3.42}$$

Las definiciones anteriores corresponden a las dadas por DeSerpa (1971). Más allá de éstas, se puede definir el concepto de precio marginal, no subjetivo, de asignar tiempo a la actividad, como su valor monetario marginal, que en el caso del trabajo correspondería a la tasa salarial o *tasa salarial marginal* según la definición de Gronau (1986).

Por otra parte, en el mismo sentido de las definiciones dadas por DeSerpa (1971) para el Valor subjetivo del tiempo, es posible definir dos conceptos con respecto a la valoración subjetiva de los bienes. El primero corresponde al *Valor del consumo del bien k-ésimo*, que se define como la razón entre la utilidad marginal del consumo de ese bien y la utilidad marginal del ingreso.

$$VSB_{CONSUMO\_K} = \frac{\partial U / \partial X_K}{\lambda} \tag{3.43}$$

El segundo concepto corresponde al *Valor del ahorro en el consumo del bien k-ésimo*, que se interpreta como la disponibilidad a pagar por reducir el consumo de ese bien, y se define como la razón entre la utilidad marginal del ahorro del bien y la utilidad marginal del ingreso. Al igual que el Valor de ahorrar tiempo, será positivo sólo si el consumo de ese bien está restringido al mínimo.

$$VSB_{AHORRO\_K} = \frac{\Psi_K}{\lambda} \tag{3.44}$$

Para establecer relaciones entre las definiciones conceptuales anteriores, es necesario recurrir a las condiciones de primer orden (3.9) – (3.16) del problema *DeSerpa Extendido*. De estas condiciones, es posible deducir la siguiente relación:

$$\boxed{\frac{K_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} + \sum_{k=1}^{m} \frac{\psi_K}{\lambda} \frac{\partial g_K(T)}{\partial T_i}} \tag{3.45}$$

donde el Valor del tiempo como recurso puede escribirse, con respecto a la actividad trabajo como:

$$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} + \frac{K_W}{\lambda} - \sum_{k=1}^{m} \frac{\psi_k}{\lambda} \frac{\partial g_K}{\partial T_W} \tag{3.46}$$

o bien, con respecto a otra actividad cualquiera,

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\partial U / \partial T_j}{\lambda} + \frac{K_j}{\lambda} - \sum_{k=1}^{m} \frac{\psi_k}{\lambda} \frac{\partial g_K}{\partial T_j} \tag{3.47}$$

A partir de las definiciones (3.40) – (3.44), la expresión (3.45) puede interpretarse como que el Valor de ahorrar tiempo en la actividad i-ésima es igual a la diferencia entre el Valor del tiempo como recurso y el Valor del tiempo asignado a esa actividad, más un término, no considerado por DeSerpa (1971), asociado a la valoración de la variación en el nivel de consumo, debido al ahorro de tiempo en esa actividad y que constituye el principal aporte teórico del planteamiento *DeSerpa extendido*, en cuanto al Valor del tiempo se refiere. Reescribiendo la expresión (3.45) se obtiene lo siguiente:

$$VST_{AHORRO\_i} = VST_{RECURSO} - VST_{ASIGNADO\_i} + B_i \tag{3.48}$$

Los primeros dos términos de la expresión (3.48) tienen una interpretación intuitiva directa en cuanto al fenómeno de reasignación de tiempo entre actividades. En efecto, si consideramos la misma definición de DeSerpa (1971) para las actividades ocio (L), es decir, las que tienen su restricción de tiempo mínimo inactiva ($K_L = 0$), no son asalariadas ($w_i = 0$) y que el valor de su efecto en el nivel mínimo de consumo de los bienes es nulo ($B_i = 0$), se obtiene, a partir de las condiciones de primer orden, que el Valor de asignar tiempo al ocio es igual al Valor del tiempo como recurso.

$$VST_{ASIGNADO\_L} = \frac{\partial U / \partial T_L}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} = VST_{RECURSO} \tag{3.49}$$

De esta manera, a partir de la expresión (3.48) se puede afirmar que el ahorro de una unidad de tiempo en la actividad i-ésima significa una pérdida algebraica valorada en $VST_{ASIGNADO\_i}$, por concepto del tiempo que se deja de asignar a esa actividad, pero de la misma forma, significa una ganancia valorada en $VST_{RECURSO}$, por concepto de la reasignación de este tiempo a una actividad del tipo *ocio*[17].

[17] Esta interpretación es dada, además de DeSerpa (1971), por Bates y Roberts (1986), Bates (1987) y Fernández (1992) entre otros.

La interpretación anterior tiene la limitante de suponer que siempre existirá la posibilidad de reasignar tiempo desde la actividad i-ésima a una actividad del tipo *ocio*. Una de las pocas actividades que podría cumplir con todas las condiciones requeridas para ser definida como *ocio*, es la actividad "estar en el hogar". Para interpretar el resultado teórico anterior en este sentido, habría que suponer que el individuo tiene la facilidad de ajustar su patrón de actividades (el instante en que las realiza) de forma tal de traducir el ahorro de tiempo en una actividad realizada en cualquier momento de día, a la actividad "estar en el hogar". En otras palabras, suponer que la interpretación de reasignación de tiempo de la expresión (3.47) es válida, implica suponer, por ejemplo, que si el individuo es capaz de ahorrar un minuto de viaje del lugar de trabajo al lugar de almuerzo, puede ajustar su tiempo de manera de volver un minuto más temprano esa tarde al hogar (suponiendo que el tiempo de trabajo se mantiene fijo). Gráficamente, este ejemplo se podría representar de la siguiente manera:

Situación Inicial

Horario	Actividad
0:00 – 7:00	En el hogar
7:00 – 8:00	Viaje al trabajo
8:00 – 13:00	En el trabajo
13:00 – 13:30	Viaje trabajo – almuerzo
13:30 – 14:00	Almuerzo
14:00 – 14:30	Viaje almuerzo - trabajo
14:30 – 18:00	En el trabajo
18:00 – 19:00	Viaje al hogar
19:00 – 0:00	En el hogar

Situación Final

Horario	Actividad
0:00 – 7:00	En el hogar
7:00 – 8:00	Viaje al trabajo
8:00 – 13:00	En el trabajo
13:00 ***– 13:29***	***Viaje trabajo – almuerzo***
13:29 – 13:59	***Almuerzo***
13:59 – 14:29	***Viaje almuerzo - trabajo***
14:29 – 17:59	***En el trabajo***
17:59 – 18:59	***Viaje al hogar***
18:59 – 0:00	***En el hogar***

Figura 3-8 Efecto reasignación

Si no se cumpliera el supuesto de la posibilidad de reasignar tiempo al *ocio*, el Valor del tiempo representado por la expresión (3.45), sería una sobre estimación del valor real, ya que el Valor de asignar tiempo a una actividad restringida al mínimo es menor que el tiempo de *ocio*. Formalmente, consideremos una actividad cuya restricción de tiempo mínimo es activa y donde, por simplicidad, supondremos que *Bi* es igual a cero. En este caso, el Valor de asignar tiempo a esta actividad estará dado por la expresión (3.50), que resulta ser menor que el Valor del tiempo como recurso (es decir, que el Valor de asignar tiempo a una actividad del tipo *ocio*).

$$VST_{ASIGNADO\_i} = \frac{\partial U / \partial T_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{K_i}{\lambda} < \frac{\mu}{\lambda} = VST_{RECURSO} \tag{3.50}$$

La interpretación del término B_i en la expresión (3.48) es diferente y constituye el principal aporte analítico de este modelo. Este corresponde a la valoración, en cuanto a la variación en el nivel de consumo de bienes, de una disminución en la asignación de tiempo a la actividad i-ésima y está compuesto por el producto de dos términos, asociados a cada componente del vector de bienes.

$$\frac{\psi_k}{\lambda}\frac{\partial g_K}{\partial T_i} \tag{3.51}$$

El primer término de (3.51) (ψ_k/λ) corresponde al Valor de ahorrar consumo del bien k-ésimo y será positivo si la restricción respectiva es activa, y nulo en caso contrario. Esta expresión será igual al precio del bien respectivo **si y sólo si** la utilidad marginal directa de ese bien ($\partial U/\partial X_k/\lambda$) y el efecto del consumo de ese bien en los tiempos mínimos requeridos ($\sum_{i=1}^{n}\frac{K_i}{\lambda}\frac{\partial h_i(X)}{\partial X_k}$) son nulos o bien, si ambos efectos se anulan entre si. Esto se desprende de la expresión (3.52), la se deriva de la condiciones de primer orden del problema.

$$\frac{\Psi_k}{\lambda} = P_k - \frac{\partial U/\partial X_k}{\lambda} + \sum_{i=1}^{n}\frac{K_i}{\lambda}\frac{\partial h_i(X)}{\partial X_k} \tag{3.52}$$

El segundo término ($\frac{\partial g_K}{\partial T_i}$) corresponde a la variación en el nivel de consumo mínimo del bien k-ésimo debida a una variación en la asignación de tiempo a la actividad i-ésima que, cuando la restricción respectiva sea activa, corresponderá a la variación real de ese consumo. De esta manera, la suma para todos los bienes del término (3.51), se puede interpretar como el Valor, en cuanto a bienes, del ahorro de tiempo en la actividad i-ésima B_i.

Un ejemplo a través del cual podemos explicar el significado del término B_i , es el del consumo de lubricante, para un viaje en transporte privado. En efecto, es razonable pensar que un aumento marginal en el tiempo de viaje, implique un aumento en el consumo de lubricante del automóvil $\left(\partial g_{LUBRIC}(T)/\partial T_V > 0\right)$. Por otro lado, supongamos que el consumo de lubricante esta restringido al mínimo necesario exigido por las necesidades del vehículo, supuesto que nuevamente es intuitivamente razonable e implica que $\psi_{LUBRIC}/\lambda > 0$. Por último, supongamos que la variación en el consumo de lubricante, es el único efecto sobre los bienes, de una variación el tiempo de viaje, lo que constituye un supuesto simplificatorio. De esta manera, en este caso el término B_V sería positivo

$$B_V = \frac{\psi_{LUBRIC}}{\lambda}\frac{\partial g_{LUBRIC}}{\partial T_V} > 0 \tag{3.53}$$

y luego, de la expresión (3.48) se desprende que cuando el asignar tiempo a la actividad viaje aumente el consumo de bienes que están siendo consumidos al mínimo requerido, el Valor de ahorrar tiempo en esa actividad será mayor que en el caso en que este efecto no exista. En otras palabras, un individuo estará dispuesto a pagar más por reducir su tiempo de viaje, cuando el asignar tiempo a esta actividad lo obligue a consumir, más de lo que desearía, de determinados bienes (por ejemplo, lubricantes).

La consideración del *efecto bienes* en el Valor del tiempo, no esta presente en la literatura, a excepción de los trabajos de Gronau (1986) y Dalvi (1978), donde con enfoques de producción en el hogar, se presentan los resultados (2.113) y (2.112) respectivamente, que podrían ser interpretados en este sentido, pero de forma más ambigua.

3.5 Equivalencia entre los Enfoques de Modelación Continuo y Discreto

Tal como se señaló en el capítulo anterior, ya en 1986 Bates y Roberts demostraron que el Valor del tiempo que se obtiene de los modelos de elección discreta corresponde al concepto de Valor de ahorrar tiempo de viaje (2.137). Sin embargo, el hecho de que un año antes Troung y Hensher hicieran una interpretación errónea de este resultado (2.132) y dado que la demostración de Bates y Roberts (1986) utiliza fuertes supuestos (como que la función de utilidad puede ser aproximada por una función de primer orden y que no existen restricciones de consumo mínimo), hacen recomendable investigar la validez de esta equivalencia en el caso del modelo DeSerpa Extendido.

Con este objetivo realizaremos dos planteamientos. En el primero demostraremos, para un modelo agregado en bienes y tiempo y utilizando una metodología análoga a la de Jara Díaz (1997)[18], la equivalencia entre los enfoques continuo y discreto. En el segundo, para un modelo desagregado en bienes y tiempo asignado a actividades, demostraremos que este equivalencia es simplemente un corolario del *Teorema de la Sensibilidad* de la teoría de la programación no lineal.

Consideremos primero el siguiente modelo de comportamiento, condicional a una alternativa de elección modal y agregado en bienes y tiempo asignado a actividades, que denominaremos *Discreto*:

$$
\begin{aligned}
&Max \quad U(G, L, T_W, t_i) \\
&s.a \\
&I_f + wT_W - G - c_i = 0 \\
&\tau - T_W - L - t_i = 0 \\
&G - g(L, T_W, t_i) \geq 0 \rightarrow \psi_G
\end{aligned}
\tag{3.54}
$$

donde c_i y t_i corresponden al tiempo y al costo de viaje de la i-ésima alternativa disponible y g es una función de consumo mínimo necesario, equivalente a (3.8). Reemplazando, las restricciones de ingreso y de tiempo en la función de utilidad y en la restricción de consumo mínimo, se obtiene como de costumbre que la única variable del problema es el tiempo asignado al trabajo.

$$
\begin{aligned}
&Max \quad U(I_f + wT_W - c_i, \tau - T_W - t_i, T_W, t_i) \\
&s.a \\
&I_f + wT_W - c_i - g(\tau - T_W - t_i, T_W, t_i) \geq 0 \rightarrow \psi_G
\end{aligned}
\tag{3.55}
$$

Las condiciones de primer orden de este problema son

$$
w\frac{\partial U}{\partial G} + \frac{\partial U}{\partial T_W} + -\frac{\partial U}{\partial L} + \Psi_G\left(w - \frac{\partial g}{\partial T_W} + \frac{\partial g}{\partial L}\right) = 0 \tag{3.56}
$$

y, por holgura complementaria, se obtiene que:

$$
\begin{aligned}
&\Psi_G\left(wT_W - c_i - g(L, T_W t_i)\right) = 0 \\
&\Psi_G \geq 0
\end{aligned}
\tag{3.57}
$$

El óptimo del problema estará determinado por el tiempo de trabajo $T_W^*(c_i, t_i)$ que cumpla con las condiciones (3.55) y (3.56). Reemplazando este tiempo de trabajo óptimo en la función de utilidad, obtendremos la función de utilidad indirecta $V_i(c_i, t_i)$.

$$
V_i = U(I_f + wT*_W - c_i, \tau - T*_W - t_i, T*_W, t_i) \tag{3.58}
$$

[18] Trabajo que, desde este punto de vista, puede interpretarse como una demostración de la equivalencia entre los enfoques de modelación continuo y discreto, sin necesidad de suponer nada con respecto a la función de utilidad.

Calculando las derivadas de $V_i(c_i, t_i)$, con respecto al tiempo y el costo de viaje, se puede obtener los siguientes resultados:

$$\frac{\partial V_i}{\partial t_i} = -\frac{\partial T*_W}{\partial t_i}\left(\Psi_G\left(w - \frac{\partial g}{\partial T_W} + \frac{\partial g}{\partial L}\right)\right) - \frac{\partial U}{\partial L} + \frac{\partial U}{\partial t_i} \tag{3.59}$$

$$\frac{\partial V_i}{\partial c_i} = \frac{\partial T*_W}{\partial c_i}\left(\Psi_G\left(-w + \frac{\partial g}{\partial T_W} - \frac{\partial g}{\partial L}\right)\right) - \frac{\partial U}{\partial G} \tag{3.60}$$

Por otra parte, si suponemos que la restricción de consumo mínimo es activa, es decir, que $\Psi_G > 0$, podemos establecer la siguiente relación entre el tiempo de trabajo y el tiempo y costo de viaje:

$$wT*_W - c_i - g(\tau - T*_W - t_i, T*_W, t_i) = 0 \tag{3.61}$$

A partir de la relación anterior, es posible deducir las derivadas del tiempo de trabajo óptimo con respecto a tiempo y al costo de viaje.

$$\frac{\partial T*_W}{\partial t_i} = \frac{\frac{\partial g}{\partial t_i} - \frac{\partial g}{\partial L}}{w - \frac{\partial g}{\partial T*_W} + \frac{\partial g}{\partial L}} \tag{3.62}$$

$$\frac{\partial T*_W}{\partial c_i} = \frac{1}{w - \frac{\partial g}{\partial T*_W} + \frac{\partial g}{\partial L}} \tag{3.63}$$

Reemplazando las expresiones (3.62) y (3.63) en (3.58) y (3.59), se obtienen los siguientes resultados para las derivadas de la función de utilidad indirecta, con respecto al tiempo y al costo de viaje.

$$\frac{\partial V_i}{\partial t_i} = \Psi_G\left(-\frac{\partial g}{\partial t_i} + \frac{\partial g}{\partial L}\right) - \frac{\partial U}{\partial L} + \frac{\partial U}{\partial t_i} \tag{3.64}$$

$$\frac{\partial V_i}{\partial c_i} = -\Psi_G - \frac{\partial U}{\partial G} \tag{3.65}$$

Por último, si consideramos la definición para el Valor del tiempo utilizada en los modelos de elección discreta, representada por la expresión (2.116), es decir, la razón entre las utilidades marginales del tiempo y costo del viaje, tendremos que el Valor del tiempo para este modelo será:

$$VST^{DISCRETO} = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = \frac{\frac{\partial U}{\partial L} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial L}}{\Psi_G + \frac{\partial U}{\partial G}} - \frac{\frac{\partial U}{\partial t_i} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial t_i}}{\Psi_G + \frac{\partial U}{\partial G}} \tag{3.66}$$

o equivalentemente, de (3.54) se puede inferir que

$$VST^{DISCRETO} = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial c_i} = w + \frac{\frac{\partial U}{\partial T_W} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial T_W}}{\Psi_G + \frac{\partial U}{\partial G}} - \frac{\frac{\partial U}{\partial t_i} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial t_i}}{\Psi_G + \frac{\partial U}{\partial G}} \tag{3.67}$$

Para verificar la equivalencia de los enfoques *Continuo* y *Discreto* resolveremos el problema (3.54) desde el enfoque continuo. La única diferencia será considerar, en este caso, al tiempo de viaje como una variable endógena y contínua pero sujeta a una restricción de tiempo mínimo exógena, del tipo (3.7).

$$\begin{aligned}
&Max U(G, L, T_W, T_V) \\
&s.a \\
&I_f + wT_W - G - c_V = 0 \quad \rightarrow \lambda \\
&\tau - T_W - L - T_V = 0 \quad \rightarrow \mu \\
&G - g(L, T_W, T_V) \geq 0 \quad \rightarrow \psi_G \\
&T_V - t_i \geq 0 \quad \rightarrow K_V
\end{aligned} \tag{3.68}$$

donde $t_i = T_V^{MIN}$ es la restricción de tiempo mínimo exógeno. En este caso, resolveremos el problema en forma continua, considerando las definiciones (3.40) – (3.44) para el Valor de tiempo.

De la evaluación de las condiciones de primer orden del problema (3.68) se desprende que:

$$\mu = \frac{\partial U}{\partial L} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial L} = \lambda w + \frac{\partial U}{\partial T_W} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial T_W} = \frac{\partial U}{\partial T_V} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial T_V} + K_V \tag{3.69}$$

$$\lambda = \frac{\partial U}{\partial G} + \Psi_G \tag{3.70}$$

$$K_V = \mu - \frac{\partial U}{\partial T_V} + \Psi_G \frac{\partial g}{\partial T_V} \tag{3.71}$$

De esta manera, considerando la definición (3.41) para el Valor de ahorrar tiempo de viaje, que corresponde a la razón entre los multiplicadores de la restricción de tiempo mínimo y la de ingreso, el resultado es el siguiente:

$$
\begin{aligned}
VST_{AHORRO\_V} &= \frac{K_V}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U/\partial T_V}{\lambda} + \Psi_G \frac{\partial g/\partial T_V}{\lambda} = \\
&= w + \frac{\dfrac{\partial U}{\partial T_W} - \Psi_G \dfrac{\partial g}{\partial T_W}}{\Psi_G + \dfrac{\partial U}{\partial G}} - \frac{\dfrac{\partial U}{\partial T_V} - \Psi_G \dfrac{\partial g}{\partial T_V}}{\Psi_G + \dfrac{\partial U}{\partial G}}
\end{aligned}
\tag{3.72}
$$

que, dado que $T_V = t_i = T_V^{MIN}$, resulta ser equivalente al resultado que se obtuvo para el modelo discreto (3.66).

Este resultado implica que el Valor del tiempo calculado con los modelos de partición modal, puede ser interpretado como el Valor de ahorrar tiempo de viaje, con todas sus implicancias teóricas y tiene la particularidad de no requerir ningún supuesto sobre la función de utilidad, como si ocurría con Bates y Roberts (1986).

$$
VST^{DISCRETO} = \frac{\partial V_i/\partial t_i}{\partial V_i/\partial c_i} \cong \frac{K_V}{\lambda} = VST_{AHORRO\_V} \tag{3.73}
$$

A partir de los resultados (3.64) - (3.65) y (3.69) – (3.71), se puede inferir que las derivadas de $V_i(c_i, t_i)$ corresponden $-K_V$ y a $-\lambda$ por lo que, si suponemos $V_i(c_i, t_i)$ lineal en el tiempo y el costo, se tendrá que los parámetros asociados pueden ser interpretados como esos multiplicadores. Formalmente, si $V_i = \alpha + \theta_t t_i + \theta_c c_i$, entonces

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial V_i}{\partial t_i} &= \Psi_G\left(-\frac{\partial g}{\partial t_i} + \frac{\partial g}{\partial L}\right) - \frac{\partial U}{\partial L} + \frac{\partial U}{\partial t_i} = \\
&= \Psi_G \frac{\partial g}{\partial L} - \frac{\partial U}{\partial L} + \frac{\partial U}{\partial t_i} - \Psi_G \frac{\partial g}{\partial T_V} = -K_V \approx \theta_t
\end{aligned}
\tag{3.74}
$$

$$
\frac{\partial V_i}{\partial c_i} = -\Psi_G - \frac{\partial U}{\partial G} = -\lambda \approx \theta_c \tag{3.75}
$$

y luego, el Valor de ahorrar tiempo de viaje, corresponderá simplemente a la razón entre estos parámetros.

$$VST_{AHORRO\_V} = \frac{K_V}{\lambda} \approx \frac{\theta_t}{\theta_c} \tag{3.76}$$

Demostrar que Valor del tiempo calculado con los modelos de elección discreta, puede interpretarse microeconómicamente como el Valor de ahorrar tiempo de viaje para el modelo desagregado en bienes y actividades que denominamos *DeSerpa Extendido*, con la metodología utilizada en (3.54) - (3.76) no parece factible. Sin embargo, es posible demostrar que este resultado corresponde a un corolario del Teorema de la sensibilidad de la teoría de la programación no lineal. En efecto, consideremos el siguiente teorema:

Teorema de la sensibilidad*: Sean f,g,h $\in C^2$ y considérese la familia de problemas*

$$\begin{aligned} &Min \quad f(X) \\ &s.a. \quad h(X) = c \\ &\qquad\quad g(X) \leq d \end{aligned} \tag{3.77}$$

Supóngase que para c=0, d=0, hay una solución local X, que es un punto regular y que, junto con los multiplicadores de Lagrange asociados, λ, $\mu \geq 0$, satisface las condiciones de segundo orden para un mínimo local estricto (matriz Hessiana definida positiva). Además supóngase que ninguna restricción de desigualdad activa es degenerada*[19]*; entonces para todo par (c,d) en una región que contiene a (0,0), hay una solución X(c,d), que depende continuamente de (c,d), tal que X(0,0)=X*, y tal que X(c,d) es un mínimo relativo del problema (3.77). Además*

$$\begin{aligned} \nabla_c f(x(c,d))\big]_{0,0} &= -\lambda^t \\ \nabla_d f(x(c,d))\big]_{0,0} &= -\mu^t \end{aligned} \tag{3.78}$$

Es decir, los multiplicadores están asociados con el punto de solución determinado y corresponden a precios incrementales o marginales, es decir, a precios asociados a pequeñas variaciones en los requerimientos de la restricción.

Luenberger, 1989, pp. 323

[19] Ver Luenberger (1989)

Reescribiendo adecuadamente el problema (3.5) - (3.8), para que corresponda con el planteado en (3.77), se tendrá lo siguiente:

$$\begin{aligned} & MIn \quad -U(X,T) \\ & s.a. \\ & -I_f - wT_W + P^t X \le -c_v \quad \rightarrow \lambda \qquad (3.79) \\ & -\tau + \sum_{i=1}^{n} T_i = 0 \quad \rightarrow \mu \\ & -T_i + h_i(X) \le 0 \quad \rightarrow K_i \quad \forall i \ne V \qquad (3.80) \\ & -T_V \le -T_V^{MIN} \quad \rightarrow K_V \qquad (3.81) \\ & -X_k + g_k(T) \le 0 \quad \rightarrow \Psi_k \quad \forall k = 1,\ldots,m \qquad (3.82) \end{aligned}$$

luego, aplicando el teorema anterior se obtiene que

$$\frac{\partial -U^{OPT}}{\partial -T_V^{MIN}} = \frac{\partial U^{OPT}}{\partial T_v^{MIN}} = \frac{\partial V_i}{\partial T_v^{MIN}} = -K_V \qquad (3.83)$$

$$\frac{\partial -U^{OPT}}{\partial -c_v} = \frac{\partial U^{OPT}}{\partial c_v} = \frac{\partial V_i}{\partial c_v} = -\lambda \qquad (3.84)$$

con lo que queda demostrada la equivalencia (3.73) para el modelo desagregado, sin necesidad de hacer ningún supuesto sobre la función de utilidad.

3.6 Síntesis, Conclusiones y Comentarios

El principal aporte de este capítulo está en la interpretación teórica del Valor subjetivo del tiempo, representado por la expresión (3.45). En esta expresión, además de aparecer los términos teóricos desarrollados por DeSerpa (1971) para el Valor del tiempo, se introduce un nuevo elemento asociado al ahorro en consumo de bienes, derivado del ahorro en tiempo asignado a una actividad determinada. El único precedente en la literatura de un término de este tipo lo constituye, en cierta medida, el trabajo de Gronau (1986) analizado el segundo capítulo de esta tesis.

Cabe destacar que el análisis teórico representado por la expresión (3.45), plantea una línea de investigación relacionada con el estudio del efecto de diversos fenómenos en la interpretación teórica del Valor del tiempo, la cual estaría representada también por el trabajo de Small (1982), donde se estudia el efecto de la programación horaria.

El segundo aporte relevante de este capítulo está en demostrar, sin mayores supuestos (a diferencia de Bates, 1986), la equivalencia entre el Valor del tiempo estimado de los modelos elección discreta de modo y el concepto teórico de *Valor de ahorrar tiempo de viaje* definido por DeSerpa (1971). Se demostró además, que esta equivalencia se mantenía incluso para el caso en que se consideran restricciones de consumo mínimo.

En el próximo capítulo se mostrará que es posible plantear modelos de asignación de tiempo a actividades que, al ser estimados bajos ciertos supuestos, permitirían calcular los diferentes términos teóricos del Valor del tiempo representados por la expresión (3.45). Además, algunos de estos términos serán estimados a partir de bancos de datos disponibles.

4 FORMULACIÓN Y ESTIMACIÓN DE MODELOS DE ASIGNACIÓN DE TIEMPO A ACTIVIDADES Y DE PARTICIÓN MODAL

4.1 Introducción

El objetivo de este capítulo es investigar la posibilidad de obtener valores empíricos de los términos teóricos desarrollados en el capítulo anterior para el Valor subjetivo del tiempo, realizando una aplicación en los casos que bancos de datos disponibles así lo permitan. Para cumplir con este objetivo se desarrollan cinco modelos microeconómicos de asignación de tiempo a actividades que van desde los más simples a los más complejos y de los cuales sólo los tres primeros pueden ser estimados a partir de un banco de datos disponible que contiene información sobre la asignación de tiempo a actividades y partición modal de un grupo de individuos

En el punto 4.2 se plantea los cinco modelos considerados que se asocian, a partir de los supuestos que implican, a modelos desarrollados por otros autores. De esta manera se definen los modelos tipo Kraan, tipo Becker, tipo DeSerpa, tipo DeSerpa Extendido y el tipo Jara Díaz y Farah. Utilizando una función de utilidad Cobb-Douglas se deducen expresiones que, en algunos casos, pueden asociarse a modelos de demanda por tiempo asignado a actividades que de ser estimados permitirían rescatar medidas empíricas para los diferentes conceptos de Valor del tiempo analizados en esta tesis, además de valores para las razones entre los parámetros de la función de utilidad asociados a cada una de las actividades consideradas.

En la sección 4.3 se analiza críticamente el banco datos disponible, que es usado en el punto 4.4 para estimar econométricamente los modelos desarrollados en el punto 4.2. Se demuestra que con estos datos sólo es posible estimar los tres primeros modelos planteados. En el modelo tipo Kraan, a partir de información de los promedios de los tiempos asignados, se recupera las razones entre los parámetros de la utilidad directa de los tiempos asignados a las actividades consideradas; en el modelo tipo Becker, mediante la estimación de un *Modelo de asignación de tiempo al trabajo,* se obtienen las razones entre parámetros de la función de utilidad, el Valor del tiempo como recurso y el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa; por último, para el modelo tipo DeSerpa, al estimar tanto una función de partición modal como una de asignación de tiempo al trabajo, se obtienen las razones entre los parámetros de la función de utilidad, el Valor del tiempo como recurso, el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa y el Valor del tiempo de viaje en la utilidad directa. Por último, en el punto 4.5 se presenta una síntesis y conclusiones de este capítulo.

4.2 *Formulación de Modelos*

4.2.1 Introducción

En este punto se desarrollan cinco modelos microeconómicos de comportamiento. Para los cuatro primeros se supondrá la existencia de sólo cuatro actividades, las que son descritas en la Tabla 4-2. El motivo para esta consideración dice relación con las características del banco de datos disponible, el que será descrita más adelante en el punto 4.3.

Tabla 4-2 Definición de notación y variables

Código	*Actividad*	*Tiempo asignado*	*Parámetro de U*
EH	Estar en el hogar	T_h	θ_h
VI	Viaje de ida	T_{vi}	θ_{vi}
ET	Estar en el trabajo	T_W	θ_W
VV	Viaje de vuelta	T_{vv}	θ_{vv}

Para el desarrollo del quinto modelo, frente a la necesidad de contar con una actividad distinta del trabajo a la cual pudiera asociarse un precio por unidad de tiempo, se introduce una nueva actividad que se denomina "hablar por teléfono celular", cuyo código es HC y su respectivo parámetro en la función de utilidad es θ_c.

4.2.2 Modelo Tipo Kraan

El primer modelo que analizaremos es análogo al utilizado por Kraan (1996), en el cual se supone una función de utilidad del tipo Cobb-Dougglas que depende del tiempo asignado a las actividades y se considera una restricción de tiempo.

$$\begin{gathered} Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} \\ s.a. \\ \tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_h = 0 \quad \rightarrow \mu \end{gathered} \tag{4.1}$$

donde Ω es una constante, τ es el tiempo total disponible y μ es el multiplicador de Lagrange de la restricción de tiempo

Las condiciones de primer orden de este problema, independiente de la forma de la función de utilidad, son las siguientes

$$\frac{\partial U}{\partial T_i} - \mu = 0 \quad i = W, h, vi, vv \tag{4.2}$$

de manera tal que se cumple la siguiente identidad:

$$\frac{\partial U}{\partial T_W} = \frac{\partial U}{\partial T_{vi}} = \frac{\partial U}{\partial T_{vv}} = \frac{\partial U}{\partial T_h} = \mu \tag{4.3}$$

y luego, la razón entre las utilidades marginales de los tiempos asignados a cualquier par de actividades será igual a uno.

$$\frac{\partial U / \partial T_{vi}}{\partial U / \partial T_W} = \frac{\partial U / \partial T_{vv}}{\partial U / \partial T_W} = \frac{\partial U / \partial T_h}{\partial U / \partial T_W} = 1 \tag{4.4}$$

Para el caso particular de una función de utilidad Cobb-Douglas, como en (4.1), de la identidad (4.4) se puede concluir que:

$$\frac{\theta_W}{T_W} = \frac{\theta_{vi}}{T_{vi}} = \frac{\theta_{vv}}{T_{vv}} = \frac{\theta_h}{T_h} = \frac{\mu}{U} \tag{4.5}$$

De esta manera, la razón entre los parámetros de cada una de las actividades, corresponde a la razón entre sus respectivos tiempos asignados[20].

$$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W} = \frac{T_{vi}}{T_W}; \quad \frac{\theta_{vv}}{\theta_W} = \frac{T_{vv}}{T_W}; \quad \frac{\theta_h}{\theta_W} = \frac{T_h}{T_W} \tag{4.6}$$

Es decir, si suponemos que el comportamiento puede ser modelado por el problema (4.1), bastaría con conocer el tiempo asignado a las actividades, para recuperar la razón entre los parámetros de la función de utilidad y entre las utilidades marginales, sin necesidad de estimar ningún modelo[21].

---

[20] Para poder comparar las razones entre parámetros, para todos los modelos analizados, éstas se expresarán en función de θ_W como denominador, en todos los casos.

[21] Cabe señalar que Kraan (1996) aborda el problema (4.1) desde otro enfoque, deduciendo una identidad para el tiempo asignado a cada actividad y luego estimando un modelo econométrico a partir de ella, del cual rescata

4.2.3 Modelo Tipo Becker

Este modelo se diferencia del anterior porque considera, además del tiempo asignado a actividades, el consumo de todos los bienes como argumento de la función de utilidad y, además de la restricción de tiempo, una restricción de ingreso donde el tiempo de trabajo reporta ingresos al individuo, a una tasa salarial *w*.

Formalmente, el modelo se puede representar por el siguiente problema de optimización

$$\begin{gathered} Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k} \\ s.a. \\ \tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} = 0 \quad \to \mu \\ I_f + wT_W - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \to \lambda \end{gathered} \tag{4.7}$$

donde X_k representa al bien k-ésimo, η_k su parámetro en la función de utilidad y λ es el multiplicador de Lagrange de la restricción de ingreso.

Las condiciones de primer orden en este caso serán

$$\frac{\partial U}{\partial T_i} = \frac{\partial U}{\partial T_j} = \mu \quad i, j \neq W \tag{4.8}$$

$$\frac{\partial U}{\partial T_W} + \lambda w - \mu = 0 \tag{4.9}$$

$$\frac{\partial U}{\partial X_K} - \lambda P_K = 0 \quad \forall k \tag{4.10}$$

las que, para el caso de una función de utilidad Cobb-Douglas, se transforman en

$$\frac{\theta_i}{T_i} = \frac{\theta_j}{T_j} = \frac{\mu}{U} \quad i, j \neq W \tag{4.11}$$

---

parámetros de los cuales deduce los resultados obtenidos en (4.6), sin embargo, la deficiente bondad de ajuste del modelo econométrico desarrollado por la autora hicieron recomendable desarrollar una resolución analítica como la planteada en este tesis.

$$\frac{\theta_W}{T_W}U + \lambda w - \mu = 0 \tag{4.12}$$

$$\frac{\eta_K}{X_K}\frac{1}{P_k} = \frac{\eta_j}{X_j}\frac{1}{P_j} = \frac{\lambda}{U} = C_\lambda \quad \forall k, j \tag{4.13}$$

Ahora, dividiendo (4.11) por (4.13), se tiene que

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{\theta_i}{T_i}C_\lambda \quad i \neq W \tag{4.14}$$

y de (4.11) y (4.12) se deduce que

$$\frac{\theta_W}{T_W} + \frac{\lambda}{U}w = \frac{\mu}{U} = \frac{\theta_i}{Ti} \quad i \neq W \tag{4.15}$$

luego,

$$T_W = \frac{\theta_W}{\frac{\mu}{U} - \frac{\lambda}{U}w} = \frac{\theta_W}{\theta_i}T_i \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{\mu}w} \quad i \neq W \tag{4.16}$$

Despejando T_i de la expresión anterior y utilizando (4.14), se concluye que

$$T_i = T_W \frac{\theta_i}{\theta_W}\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}w\right) = T_W \frac{\theta_i}{\theta_W}\left(1 - C_\lambda \frac{T_i}{\theta_i}w\right) \quad i \neq W \tag{4.17}$$

luego,

$$T_i = T_W \frac{\theta_i}{\theta_W} - T_W \frac{\theta_i}{\theta_W} C_\lambda \frac{T_i}{\theta_i} w \quad i \neq W \tag{4.18}$$

y finalmente

$$T_i = \frac{T_W \frac{\theta_i}{\theta_W}}{1 + \frac{T_W}{\theta_W}C_\lambda w} \quad i \neq W \tag{4.19}$$

Por otra parte, a partir de la restricción de tiempo se tiene que

$$\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_h = 0 \tag{4.20}$$

y por (4.11)

$$T_h + \frac{\theta_{vi}}{\theta_h} T_h + \frac{\theta_{vv}}{\theta_h} T_h = \tau - T_W \tag{4.21}$$

luego,

$$T_h = \frac{\theta_h}{\theta_h + \theta_{vi} + \theta_{vv}} \left(\tau - T_W\right) = H_h\left(\tau - T_W\right) \tag{4.22}$$

donde

$$H_h = \frac{\theta_h}{\theta_h + \theta_{vi} + \theta_{vv}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{vi}}{T_h} + \frac{T_{vv}}{T_h}} \tag{4.23}$$

De esta manera, igualando las expresiones (4.19) y (4.22) y re ordenando convenientemente los términos es posible obtener el siguiente resultado:

$$w = \left(\frac{\theta_h / H_h + \theta_W}{C_\lambda}\right) \frac{1}{\left(\tau - T_W\right)} - \left(\frac{\theta_W}{C_\lambda}\right) \frac{\tau}{T_W\left(\tau - T_W\right)} \tag{4.24}$$

Ahora bien, si se definen los términos A y B de la siguiente manera:

$$A = \left(\frac{\theta_W}{C_\lambda}\right) \tag{4.25}$$

$$B = \left(\frac{\frac{\theta_h}{H_h} + \theta_W}{C_\lambda}\right) = \frac{\theta_h + \theta_{vv} + \theta_{vi} + \theta_W}{C_\lambda} \tag{4.26}$$

es posible plantear el siguiente modelo de tiempo asignado a *ET*[22].

$$\boxed{w = B \frac{1}{\left(\tau - T_W\right)} - A \frac{\tau}{T_W\left(\tau - T_W\right)}} \tag{4.27}$$

La expresión (4.27) podría ser estimada a partir de un banco de datos de asignación de tiempo a actividades a fin de recuperar los valores de los parámetros *A* y *B*. Dada la definición de estos parámetros, es de esperar que su valor crezca con el nivel de ingreso ya que el término $P_k X_k$, que representa el nivel de consumo en pesos del bien k-ésimo, debiera crecer con éste y los otros términos que forman A y B son parámetros de la función de utilidad que se suponen independientes del mismo[23].Con respecto al signo que debieran tomar, a priori los parámetros A y B, se puede demostrar que ambos podrían ser positivos o negativos, sin afectar los supuestos del problema.

Por otra parte, si suponemos que el parámetro η_k asociado al consumo del bien k-ésimo es positivo, al igual que el nivel de consumo y el precio de ese bien, entonces C_λ, será positivo, de forma tal que el signo del parámetro A que resulte de la estimación del modelo (4.27), será igual al signo del parámetro asociado al trabajo en la función de utilidad (θ_W).

A partir de la definición de A, B y H_h , es posible deducir la razón entre el parámetro de la actividad EH y el de ET, obteniéndose la siguiente expresión:

$$\frac{\theta_h}{\theta_W} = H_h \left(\frac{B}{A} - 1 \right) \tag{4.28}$$

Las razones entre los parámetros de las actividades distintas del trabajo, siguen siendo iguales a las razones entre sus respectivos tiempos asignados. De esta forma, las razones entre los parámetros de las actividades VI, VV y ET se pueden determinar de la siguiente manera:

$$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W} = \frac{\theta_h}{\theta_W} \frac{T_{vi}}{T_h} \qquad \frac{\theta_{vv}}{\theta_W} = \frac{\theta_h}{\theta_W} \frac{T_{vv}}{T_h} \tag{4.29}$$

Así mismo, la razón entre las utilidades marginales de los tiempos asignados se calcularía como:

$$\begin{gathered} \frac{\partial U / \partial T_{vi}}{\partial U / \partial T_W} = \frac{\theta_{vi}}{\theta_W} \frac{T_W}{T_{vi}} \qquad \frac{\partial U / \partial T_{vv}}{\partial U / \partial T_W} = \frac{\theta_{vv}}{\theta_W} \frac{T_W}{T_{vv}} \\ \frac{\partial U / \partial T_h}{\partial U / \partial T_W} = \frac{\theta_h}{\theta_W} \frac{T_W}{T_h} \end{gathered} \tag{4.30}$$

[22] Las expresiones que de aquí en adelante son puestas en “caja”, como (4.27) corresponden a modelos que podrían ser estimados a partir de determinados bancos de datos.

[23] Conceptualmente, los parámetros θ_i representan el (dis)gusto del individuo por la actividad, el que no debiera depender del nivel de ingreso

Por otra parte, haciendo un trabajo algebraico es posible deducir un expresión analítica para el Valor del tiempo como recurso y el Valor de asignar tiempo al trabajo, a partir de los resultados anteriores. En efecto, de la expresión (4.12) se puede deducir que:

$$\frac{\theta_W}{T_W} = \frac{\theta_h}{T_h} - \frac{\lambda}{U} w \tag{4.31}$$

Multiplicando esta expresión por T_W / θ_h , se tendrá que

$$\frac{\theta_W}{\theta_h} = \frac{T_W}{T_h} - \frac{T_W}{\theta_h} \frac{\lambda}{U} w \tag{4.32}$$

y luego, de la expresión (4.11), escrita con respecto a la actividad *EH*, se tendrá que:

$$\frac{\theta_W}{\theta_h} = \frac{T_W}{T_h} - \frac{T_W}{\theta_h} \frac{\lambda}{\frac{\mu T_h}{\theta_h}} w = \frac{T_W}{T_h}\left(1 - \frac{\lambda}{\mu} w\right) \tag{4.33}$$

con lo que se puede obtener el Valor del tiempo como recurso, a través de la siguiente expresión:

$$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} = w\left(\frac{1}{1 - \frac{\theta_W}{\theta_h} \frac{T_h}{T_W}}\right) \tag{4.34}$$

Ahora, de acuerdo con lo señalado en el capítulo tres, donde

$$VST_{RECURSO} = w + \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} \tag{4.35}$$

el Valor de asignar tiempo a *ET* corresponderá a

$$VST_{ASIGNDO\_W} = \frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - w \tag{4.36}$$

De esta manera, basta con conocer la tasa salarial y los parámetros del modelo de asignación de tiempo al trabajo, para obtener no solo la razón entre las utilidades marginales y los parámetros de la función de utilidad asociados a cada actividad, sino también el Valor del tiempo como recurso (4.34) y el de asignar tiempo al trabajo (4.36).

4.2.4 Modelo Tipo DeSerpa

Este modelo se diferencia del anterior, por que considera restricciones de tiempo mínimo para las actividades viaje de ida (*VI*) y viaje de vuelta (*VV*), que supondremos activas. Formalmente al problema (4.10) se agregan las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} T_{vi} &\geq T_{vi}^{MIN} \quad \rightarrow K_{vi} \\ T_{vv} &\geq T_{vv}^{MIN} \quad \rightarrow K_{vv} \end{aligned} \tag{4.37}$$

donde T_{vi}^{MIN} y T_{vv}^{MIN} corresponden a los tiempos mínimos (exógenos) requeridos para la realización de las actividades *VI* y *VV* respectivamente; y K_{vi} K_{vv} son los multiplicadores de sus respectivas restricciones.

Las condiciones de primer orden para el tiempo de viaje, que son las únicas que cambian con respecto a las del modelo anterior, son:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial T_{vi}} - \mu + K_{vi} &= 0 \\ \frac{\partial U}{\partial T_{vv}} - \mu + K_{vv} &= 0 \end{aligned} \tag{4.38}$$

cuya expresión, cuando la utilidad es del tipo Cobb-Douglas será:

$$\begin{aligned} \frac{\theta_{t_{vi}}}{T_{vi}} U - \mu + K_{vi} &= 0 \\ \frac{\theta_{vv}}{T_{vv}} U - \mu + K_{vv} &= 0 \end{aligned} \tag{4.39}$$

En este modelo, la identidad (4.26) toma la siguiente forma

$$\begin{aligned} w = &\left(\frac{\theta_W + \theta_h}{C_k} \right) \frac{1}{\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W \right)} - \\ &- \left(\frac{\theta_W}{C_k} \right) \frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{T_W \left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W \right)} \end{aligned} \tag{4.40}$$

a partir de la cual podemos formular el siguiente modelo econométrico de asignación de tiempo al trabajo:

$$\boxed{w = B'\frac{1}{\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)} - A\frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{T_W\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)}} \tag{4.41}$$

donde A tiene la misma definición que en (4.25) y $B' = \dfrac{\theta_h + \theta_W}{C_k}$.

A partir de la estimación del modelo (4.41) es posible calcular la razón entre el parámetro de la actividad *EH* [24] y el de la actividad ET con la siguiente expresión:

$$\frac{\theta_h}{\theta_W} = \frac{B'}{A} - 1 \tag{4.42}$$

Por otra parte, de las condiciones de primer orden (4.39) se tiene que, el Valor de ahorrar tiempo en *VI* tendrá la siguiente expresión:

$$\frac{K_{vi}}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\theta_{vi}}{T_{vi}}\frac{U}{\lambda} = \frac{U}{\lambda}\left(\frac{\theta_h}{T_h} - \frac{\theta_{vi}}{T_{vi}}\right) = C_\lambda\left(\frac{\theta_h}{T_h} - \frac{\theta_{vi}}{T_{vi}}\right) \tag{4.43}$$

condición que también se cumple para *VV*

$$\frac{K_{vv}}{\lambda} = C_\lambda\left(\frac{\theta_h}{T_h} - \frac{\theta_{vv}}{T_{vv}}\right) \tag{4.44}$$

Ahora bien, si fuera posible estimar un modelo de partición modal, a partir del cual se pudiese calcular el Valor de ahorrar tiempo de *VI* o *VV*, podríamos reemplazar este Valor en las expresiones (4.43) y (4.44) para recuperar la razón entre los parámetros de la función de utilidad.

[24] La única del tipo "ocio", según la definición de DeSerpa (1971), en este caso.

En efecto, si se estima el siguiente modelo econométrico de elección discreta lineal, para *VI* y *VV* donde *j* representa la j-ésima alternativa disponible, el Valor de ahorrar tiempo de viaje corresponderá a la razón entre el parámetro asociado al tiempo de viaje y el del costo, tal como se demostró en el capítulo anterior.

$$\boxed{V_{vi}^{j} \approx \alpha_{vi}^{j} - \alpha_{vi}^{t} t_{vi}^{j} - \alpha_{vi}^{j} c_{vi}^{j}} \tag{4.45}$$

$$VST_{AHORRO\_vi} = \frac{\alpha_{vi}^{t}}{\alpha_{vi}^{c}} \tag{4.46}$$

$$\boxed{V_{vv}^{j} \approx \alpha_{vv}^{j} - \alpha_{vv}^{t} t_{vv}^{j} - \alpha_{vv}^{j} c_{vv}^{j}} \tag{4.47}$$

$$VST_{AHORRO\_vv} = \frac{\alpha_{vv}^{t}}{\alpha_{vv}^{c}} \tag{4.48}$$

Cabe desatacar que para guardar consistencia entre el modelo de asignación de tiempo a estar en el trabajo (*ET*) y el de partición modal, el tiempo de viaje considerado en las funciones de utilidad indirecta (4.45) y (4.47) corresponde a la suma de los tiempo de espera, caminata y viaje en el vehículo para cada caso.

Una vez obtenido el Valor de ahorrar tiempo de viaje, ya sea de ida o de vuelta, es posible recuperar de las expresiones (4.43) y (4.44), la razón entre los parámetros del tiempo de viaje y el tiempo de trabajo.

$$\begin{aligned} \frac{\theta_{vi}}{\theta_W} &= T_{vi}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vi}}{A}\right) \\ \frac{\theta_{vv}}{\theta_W} &= T_{vv}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vv}}{A}\right) \end{aligned} \tag{4.49}$$

Al igual que el modelo tipo Kraan, teniendo las razones entre parámetros, es posible calcular las razones entre las utilidades marginales usando la expresión (4.30). Del mismo modo, es posible calcular el Valor del tiempo como recurso y el Valor de asignar tiempo al trabajo con las expresiones (4.34) y (4.36). Teniendo los resultados anteriores es posible calcular el Valor de asignar tiempo a *VI* y *VV*, de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} VST_{ASIGNADO\_vi} &= \frac{\partial U / \partial T_{VI}}{\lambda} = VST_{AHORRO\_vi} - \frac{\mu}{\lambda} \\ VST_{AASIGNADO\_vv} &= \frac{\partial U / \partial T_{VV}}{\lambda} = VST_{AHORRO\_vv} - \frac{\mu}{\lambda} \end{aligned} \tag{4.50}$$

En síntesis, utilizando el modelo tipo DeSerpa y teniendo información sobre la tasa salarial, el tiempo asignado a actividades, los parámetros del modelo econométrico (4.41) e información sobre el Valor de ahorrar tiempo de viaje a través de la estimación de un modelo de partición modal, es posible obtener la razón entre las utilidades marginales del tiempo asignado a todas las actividades y entre sus parámetros, además del Valor del tiempo como recuso y el Valor de asignar tiempo al trabajo y al viaje.

4.2.5 Modelo Tipo DeSerpa Extendido

Este modelo se diferencia del anterior en la consideración adicional de la siguiente restricción de consumo mínimo de bienes[25]

$$X_k \geq g_k(T_h, T_{vi}, T_{vv}, T_W) \quad \rightarrow \Psi_k \tag{4.51}$$

Para poder resolver un modelo de este tipo, es necesario hacer una serie de supuestos, el primero de los cuales considera la existencia de, por lo menos, un bien *j* para el cual la restricción (4.51) no es activa, es decir, un bien para el que se cumpla que:

$$\Psi_j = 0 \quad (4.52)$$

de forma tal, que el individuo sea libre de decidir substituir el consumo del bien j-ésimo, por tiempo de trabajo. Dicho de otra manera, se requiere un bien para el cual la expresión (4.13) sea válida.

El segundo supuesto necesario para resolver este problema es que, tanto para el trabajo *ET* como para la única actividad que no está restringida al mínimo, Estar en el hogar (*EH)*, una variación en su asignación de tiempo no afecte el nivel de consumo de bienes, es decir, que

$$\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_h} = 0 \quad \forall k / \Psi_k \neq 0 \tag{4.53}$$

y

$$\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_W} = 0 \quad \forall k / \Psi_k \neq 0 \tag{4.54}$$

[25] Cabe señalar, que si consideramos una restricción del tipo (4.51), en la cual el consumo mínimo requerido es exógeno, los resultados son los mismos que en el modelo DeSerpa.

Haciendo los supuestos anteriores, sigue siendo válido el modelo (4.41), por lo que de su calibración sería posible calcular la razón entre el parámetro de la actividad *EH* y el de *ET* además del Valor del tiempo como recurso y el Valor de asignar tiempo al trabajo[26] con las expresiones (4.34) y (4.36).

Por otra parte, se puede demostrar que las expresión para calcular la razón entre los parámetros de las actividades *VI*, *VV* y *ET* son las siguientes:

$$\begin{aligned}\frac{\theta_{vi}}{\theta_W} &= T_{vi}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vi}}{A} + \frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{A}\sum_k \frac{\Psi_k}{\lambda}\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_{vi}}\right)\\ \frac{\theta_{vv}}{\theta_W} &= T_{vv}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vv}}{A} + \frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{A}\sum_k \frac{\Psi_k}{\lambda}\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_{vv}}\right)\end{aligned} \tag{4.55}$$

De esta forma, para calcular los términos θ_{vi}/θ_W y θ_{vv}/θ_W sería necesario conocer además del modelo de partición modal, los valores de $\partial g_k(T)/\partial T_{vi}$ y $\partial g_k(T)/\partial T_{vv}$ respectivamente, para cada bien no restringido al mínimo, además del Valor de ahorrar consumo de cada uno de esos bienes, Ψ_k/λ.

Para calcular el $VSB_{AHORRO\text{-}k}$ sería necesario estimar un modelo análogo a los de elección discreta de modo de viaje, cuya formulación específica sobrepasa los alcances de esta tesis y queda propuesta como línea de investigación. En todo caso, con respecto a la formulación de un modelo de este tipo, podemos señalar que éste debiera considerar la sustitución entre cantidad o calidad y precio a la que se vería enfrentado en individuo en su elección discreta de consumo. Formalmente, se podría plantear el siguiente modelo de elección discreta del consumo del bien k-ésimo:

$$\boxed{V_k^j \approx \alpha_k^j - \alpha_k^X X^{MIN}{}_k^j - \alpha_k^P P_k X_k^j} \tag{4.56}$$

donde *j* representa la j-ésima alternativa de consumo del bien k-ésimo, disponible; $P_k X_k^j$ representa su costo y X_k^{MINj} su consumo mínimo exigido. De esta manera, el Valor subjetivo de ahorrar consumo en el bien k-ésimo, podría calcularse como la razón entre los parámetros estimados

$$VSB_{AHORRO\_K} = \frac{\Psi_K}{\lambda} = \frac{\alpha_K^X}{\alpha_K^P} \tag{4.57}$$

---

[26] El supuesto (4.54) permite deducir el Valor de asignar tiempo a *ET* con la expresión (4.36). Si no se cumpliera este supuesto, para calcular el Valor de asignar tiempo *ET*, sería necesario conocer $\partial g_k(T)/\partial T_W$ para todo bien k no restringido, además del Valor de ahorrar consumo en cada uno de ellos Ψ_k/λ.

Ahora bien, si existiese información sobre la variación en los niveles de consumo mínimo de todos los bienes restringidos al mínimo debido a una variación en la asignación de tiempo, sería posible calcular el Valor subjetivo en cuanto a bienes de un ahorro de tiempo de viaje, definido en el capitulo anterior como B_i. Para el caso del *VI*[27] este término correspondería a:

$$B_{vi} = \sum_k \frac{\Psi_k}{\lambda} \frac{\partial g_k(T)}{\partial T_{vi}} \tag{4.58}$$

Finalmente, conociendo el Valor del tiempo como recurso y el Valor de ahorrar tiempo de viaje, sería posible calcular el Valor de asignar tiempo a *VI* a través de la siguiente expresión[27]:

$$\frac{\partial U / \partial T_{vi}}{\lambda} = VST_{AHORRO\_vi} - VST_{RECURSO} - B_{vi} \tag{4.59}$$

4.2.6 Modelo Tipo Jara Díaz y Farah

Por último, consideraremos un modelo donde el tiempo de trabajo no sea variable, ni altere el nivel de ingresos del individuo a través de una tasa salarial.

Para resolver este problema con el enfoque planteado en esta tesis, necesitamos información sobre una actividad que relacione el consumo de bienes con la asignación de tiempo a actividades; es decir, que cumpla el papel que cumplía el trabajo variable en los modelos anteriores, reportando ingresos o egresos marginales al individuo. Este podría ser el caso por ejemplo, de las llamadas telefónicas, donde información sobre el tiempo asignado y la tarifa respectiva no debiera ser muy difícil de recolectar.

El modelo planteado se puede representar por el siguiente problema de optimización:

$$\begin{gathered} Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} T_c^{\theta_c} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k} \\ s.a. \\ \tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} - -T_c = 0 \quad \to \mu \\ I_F + w_c T_c - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \to \lambda \end{gathered} \tag{4.60}$$

[27] El caso de *VV* es equivalente

$$T_W - T_W^{MIN} \geq 0 \quad \rightarrow K_W \tag{4.61}$$

donde T_c corresponde al tiempo total asignado a la actividad *HC*, cuya tarifa es $-w_c$ y T_W^{MIN} corresponde al tiempo de *ET* mínimo, que es exógeno al individuo.

Al igual que la identidad (4.26) del modelo tipo Becker, es posible deducir la siguiente identidad para la actividad *HC*:

$$w_c = \left(\frac{\theta_h / H_h + \theta_c}{\eta_k / P_k X_k} \right) \frac{1}{(\tau - T_c - T_W)} - \left(\frac{\theta_c}{\eta_k / P_k X_k} \right) \frac{\tau - T_W}{T_c (\tau - T_c - T_W)} \tag{4.62}$$

donde H_h tiene la misma definición que en (4.23). Definiendo $A'' = \left(\frac{\theta_c}{C_\lambda} \right)$ y $B'' = \left(\frac{\frac{\theta_h}{H_h} + \theta_c}{C_\lambda} \right) = \frac{\theta_h + \theta_{vv} + \theta_{vi} + \theta_c}{\eta_k / P_k X_k}$ es posible plantear el siguiente modelo econométrico de asignación de tiempo de *HC:*

$$\boxed{w_c = B'' \frac{1}{(\tau - T_c - T_W)} - A'' \frac{\tau - T_W}{T_W (\tau - T_c - T_W)} + \varepsilon} \tag{4.63}$$

del cual se puede deducir la razón entre el parámetro asociado a *EH* y Hablar por celular (*HC*) de la siguiente manera:

$$\frac{\theta_h}{\theta_c} = H_h \left(\frac{B''}{A''} - 1 \right) \tag{4.64}$$

Con este resultado, sería posible calcular el Valor del tiempo como recurso con la siguiente expresión

$$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} = w_c \left(\frac{1}{1 - \frac{\theta_c}{\theta_h} \frac{T_h}{T_c}} \right) \tag{4.65}$$

y el Valor del tiempo asignado a *HC* como

$$\frac{\partial U / \partial T_c}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - w_c \tag{4.66}$$

Para obtener el Valor del tiempo asignado a *ET* necesitaríamos, dada la naturaleza que supusimos para esta actividad, disponer de un modelo de elección discreta de tiempo asignado a *ET*, análogo a los modelos de partición modal, a partir del cual se pudiese obtener el Valor de ahorrar tiempo de *ET* y, a partir de éste, el Valor del tiempo asignado. La especificación de un modelo de este tipo sobrepasa los objetivos de esta tesis, sin embargo podemos señalar que ésta debiera tener como variables, a lo menos al tiempo de trabajo mínimo exigido y el ingreso respectivo[28]. Formalmente, se podría plantear el siguiente modelo de elección discreta de tiempo de trabajo:

$$\boxed{V_W^j \approx \alpha_W^j - \alpha_W^T T^{MIN}{}_W^j - \alpha_W^I I_{f\,W}^{\;j}} \tag{4.67}$$

donde j representa la j-ésima alternativa disponible, $I_{f\,W}^{\;j}$ representa su ingreso y $T^{MIN}{}_W^j$ su tiempo mínimo exigido. De esta manera, el Valor subjetivo de ahorrar tiempo de trabajo, corresponderá a la razón entre los parámetros estimados

$$VST_{AHORRO\_W} = \frac{K_W}{\lambda} = \frac{\alpha_W^T}{\alpha_W^I} \tag{4.68}$$

y luego, el Valor de asignar tiempo al trabajo se podría calcular como

$$\frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} = VST_{ASIG\_W} = VST_{AHORRO\_W} - VST_{RECURSO} \tag{4.69}$$

Por último, con respecto a las razones entre parámetros de la función de utilidad y por ende, las razones entre utilidades marginales, se cumplen las siguientes identidades

$$\frac{\theta_{vi}}{\theta_c} = \frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{T_{vi}}{T_h} \quad \frac{\theta_{vv}}{\theta_c} = \frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{T_{vv}}{T_h} \tag{4.70}$$

$$\frac{\theta_W}{\theta_c} = T_W\left(\frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{1}{T_h} - \frac{VST_{AHORRO\_W}\left(\tau - T_W\right)}{A}\right) \tag{4.71}$$

---

[28] Sin embargo, su especificación debiera ser mucho más compleja, pues no resulta claro cómo definir los niveles de servicio, más allá de las variables indicadas, ni los criterios de disponibilidad.

4.2.7 Síntesis de Modelos

En la siguiente Tabla se resumen los modelos desarrollados, los que son presentados en forma extensiva en el Anexo C.

Tabla 4-3 Síntesis de modelos desarrollados

Nombre	Modelo Microeconómico	Modelo Econométrico	Resultados
Kraan	$Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h}$ $s.a.$ $\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_h = 0 \quad \to \mu$		Razón entre parámetros
Becker	$Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k}$ $s.a.$ $\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} = 0 \quad \to \mu$ $I_f + wT_W - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \to \lambda$	• Modelo de asignación de tiempo al trabajo	• Razón entre parámetros • Valor del tiempo como recurso • Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa
DeSerpa	$Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k}$ $s.a.$ $\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} = 0 \quad \to \mu$ $I_f + wT_W - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \to \lambda$ $T_{vi} \geq T_{vi}^{MIN} \quad \to K_{vi}$ $T_{vv} \geq T_{vv}^{MIN} \quad \to K_{vv}$	• Modelo de asignación de tiempo al trabajo • Modelo de partición modal	• Razón entre parámetros • Valor del tiempo como recurso • Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa • Valor de ahorrar tiempo de viaje

Nombre	Modelo Microeconómico	Modelo Econométrico	Resultados
DeSerpa Extendido	$Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k}$ $s.a.$ $\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} = 0 \quad \rightarrow \mu$ $I_f + wT_W - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \rightarrow \lambda$ $T_{vi} \geq T_{vi}^{MIN} \quad \rightarrow K_{vi}$ $T_{vv} \geq T_{vv}^{MIN} \quad \rightarrow K_{vv}$ $X_k \geq g_k(T_h, T_{vi}, T_{vv}, T_W) \quad \rightarrow \Psi_k$	• Modelo de asignación de tiempo al trabajo • Modelo de partición modal • Modelo de elección discreta de bienes	• Razón entre parámetros • Valor del tiempo como recurso • Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa • Valor de ahorrar tiempo de viaje • Valor del tiempo de viaje en la utilidad directa • B_i , Valor de ahorrar tiempo de viaje en cuanto a la variación en el consumo de bienes que éste induce.
Jara Díaz y Farah	$Max \quad U = \Omega T_W^{\theta_W} T_{vi}^{\theta_{vi}} T_{vv}^{\theta_{vv}} T_h^{\theta_h} T_c^{\theta_c} \prod_{k=1}^{N} X_k^{\eta_k}$ $s.a.$ $\tau - T_W - T_{vi} - T_{vv} - T_{vv} - -T_c = 0 \quad \rightarrow \mu$ $I_F + w_c T_c - \sum_{k=1}^{N} P_k X_k = 0 \quad \rightarrow \lambda$	• Modelo de asignación de tiempo a una actividad con un costo por unidad de tiempo (Hablar por celular en el ejemplo utilizado) • Modelo de elección discreta de tiempo de trabajo	• Razón entre parámetros • Valor del tiempo como recurso • Valor del tiempo de la actividad pagada en la utilidad directa • Valor de ahorrar tiempo de trabajo • Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa

4.3 Descripción del Banco de Datos

4.3.1 Introducción

En esta sección se describirá el banco de datos utilizado para la estimación de los modelos desarrollados en el punto anterior. Si bien en 4.2 se obtuvieron 5 modelos, sólo los primeros tres son susceptibles de ser estimados a partir de bancos de datos tradicionalmente usados en el análisis de sistemas de transporte (como son las EOD, los diarios de viaje y modelos de partición modal) y los últimos dos suponen el desarrollo de nuevos bancos de datos, aspecto que supera el alcance de esta tesis.

El banco de datos utilizado esta compuesta de dos partes relacionadas. La primera contiene información sobre la asignación de tiempo a una serie de actividades realizadas por un grupo de individuos y corresponde a un submuestra de el banco de datos confeccionada por Calderón (1999) a partir de la Encuesta Origen - Destino de Viajes del Gran Santiago (EOD) (DICTUC-CADE, 1991). La segunda contiene datos zonales sobre niveles de servicio y disponibilidad de modos para los mismos individuos que la primera y fue desarrollada mediante la calibración de redes ESTRAUS por DICTUC-CADE (1991)[29].

4.3.2 Banco de Datos de Asignación de Tiempo a Actividades

Esta parte del banco de datos contiene información sobre el tiempo que asignaron 366 individuos a una serie de actividades en un día laboral normal del año 1991 y corresponde a una submuestra del banco de datos de 2666 registros confeccionada por Calderón (1999).

Los criterios utilizados para seleccionar la submuestra a utilizar, desde el punto de vista del banco de datos de actividades[30] son los siguientes:

1. Se consideró solamente los registros correspondientes a los adultos trabajadores (es decir se eliminaron los registros de estudiantes y adultos no trabajadores); los de los individuos de niveles de ingreso alto y medio; y
2. Se consideró los registros que cumplieran con el patrón de actividades más repetido en la muestra, que resultó ser: Estar en el Hogar **-** Viaje de ida al Trabajo **-** Estar en el Trabajo **-** Viaje de Vuelta del Trabajo.

---

[29] Para ver una descripción completa de los bancos de datos originales, ver Calderón (1999)

[30] Una síntesis de los efectos de la aplicación de cada uno de los criterios para la eliminación de datos se detalla en el Anexo A.

Estos criterios dicen relación con los supuestos realizados en modelos de actividades desarrollados en esta tesis que son, respectivamente los siguientes:

1. La necesidad de que exista una actividad asalariada (el trabajo), en la cual el individuo pueda elegir libremente su tiempo asignado, es decir, que s e encuentre en equilibrio de largo plazo con respecto a
2. Que la función de utilidad sea del tipo Cobb-Douglas, lo que hace necesario que las variables consideradas sean no nulas para todos los individuos de la muestra.

Con respecto a las características de los registros, en la Tabla 4-4 se describe sus niveles de ingreso líquido familiar mensual y la relación que éstos tienen con los estratos considerados por Calderón (1999) (que corresponden a su vez a los utilizados en ESTRAUS).

Tabla 4-4 Nivel de Ingreso líquido familiar mensual

Nivel de Ingreso	*Nº de registros*	*Rango de Ingreso Familiar $ de Mayo de 1991 /mes*	*Origen*
Medio	294	110.000 – 405.000	Estrato 3 del banco de datos confeccionado por Calderón (1999)[31]
Alto	72	Más de 405.000	Estratos 4 y 5 del banco de datos confeccionado por Calderón (1999)[32]

Por otra parte, en la Tabla 4-5 se indican los códigos, definición de las actividades consideradas, además de su relación con las del banco de datos utilizado por Calderón (1999).

Tabla 4-5 Descripción del archivo de asignación de tiempo a actividades

Código	*Tiempo Asignado*	*Actividad*	*Corresponde a*
ET	T_W	Estar en el trabajo	T1, "Estar en el lugar de trabajo" del banco de datos confeccionado por Calderón (1999)
VI	T_{vi}	Viaje de ida al trabajo	Suma de los tiempos de caminata, espera y viaje, informado en el banco de datos de partición modal, para el viaje de ida
VV	T_{vv}	Viaje de vuelta del trabajo	T9, "Tiempo de viaje" del banco de datos confeccionado por Calderón (1999), menos T_{vi}
EH	T_h	Estar en el hogar	24 hrs. Menos T_W , T_{vi} y T_{vv}

[31] Ver Anexo A

[32] Estratos que fueron fusionados debido a la escasez de registros disponibles en el estrato 5.

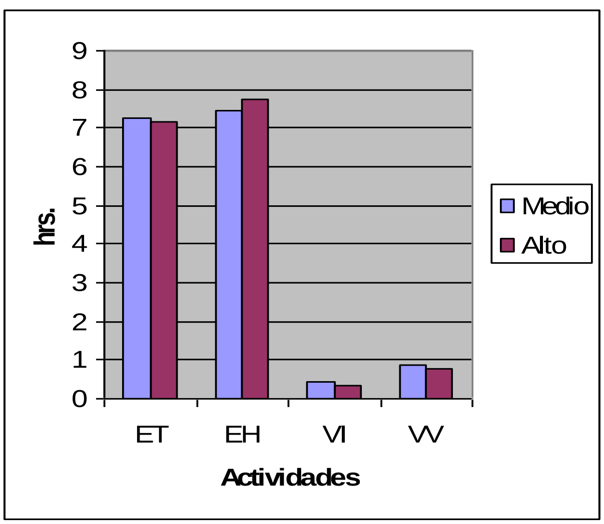
En la Tabla 4-6 se presentan los promedios de los tiempos asignados a cada actividad por los individuos pertenecientes a los estratos de ingreso definidos, información que es presentada también el Gráfico 4-1.

Tabla 4-6 Tiempo promedio en horas asignado por estrato

Estrato	*Medio Hrs.*	σ	*Alto hrs.*	σ
T_W (hrs.)	7,2	3,2	7,2	2,7
T_h (hrs.)	7,4	3,2	7,7	2,6
T_{vi} (hrs.)	0,4	0,3	0,3	0,2
T_{vv} (hrs.)	0,9	0,6	0,8	0,5
4.3.2.1.1.1	294		72	

En el Gráfico 4-1 se observa que el estrato de ingreso alto dedica, en promedio, menos tiempo a *VI*, *VV* y *ET* que el estrato medio y, en consecuencia, más tiempo a la actividad *EH*. De éste resultado se podría inferir, suponiendo que las preferencias en la población son homogéneas e independientes del nivel de ingreso, que a los individuos les desagradan las actividades *VI*, *VV* y *ET*, y les agrada la actividad *EH*. Esto, ya que se observa que a medida que disponen de más dinero, reasignan tiempo desde las tres primeras a la cuarta actividad[33].

Gráfico 4-1 Tiempo asignado a actividades, por estrato de ingreso



[33] Cabe destacar que si el trabajo tiene duración fija no existiría reasignación posible de tiempo de esa actividad hacia el ocio y que la reducción de VI y VV en el estrato de mayor ingreso se explicaría por la disponibilidad de modos de transporte más veloces en ese estrato.

4.3.3 Banco de Datos de Partición Modal

Cada registro de este banco de datos contiene información sobre los niveles de servicio (costo, tiempo de espera, caminata y viaje), la disponibilidad y elección modal, para cada uno de los viajes de ida al trabajo realizado por los 366 individuos considerados en el banco de datos de asignación de tiempo a actividades, , en período fuera de punta (10:00 a 12:00). Se incluyen además variables socioeconómicas asociadas a cada individuo y hogar tales como sexo, edad, número de autos en el hogar, ingreso líquido familiar mensual, posesión de licencia, el número de personas por hogar, entre otras[34].

Los niveles de servicio en este banco de datos son zonales y fueron obtenidos a través de la calibración de modelos ESTRAUS, utilizando la misma zonificación y para los mismos individuos que la EOD, de manera que resulta compatible con el banco de datos de asignación de tiempo a actividades (DICTUC-CADE, 1991).

Si bien el conjunto de elección de modos del banco de datos utilizado por Calderón (1999) cuenta originalmente con 11 modos, la reducción del banco de datos a 366 registros implicó una reducción de los mismos a los nueve indicados en la

Tabla 4-7.

Los criterios de disponibilidad de modo utilizados en este banco de datos[35], son los siguientes: El modo ACH se considera disponible siempre que exista al menos un auto en el hogar, que el viajero posea licencia de conducir y que el par O-D esté conectado a la red para ese modo[36]; el modo AAC se considera disponible cuando el número de autos en el hogar sea mayor que cero y además exista un viaje realizado en el modo ACH por otra persona perteneciente al mismo hogar en el mismo período y zona; los modos BUS y TXI, TXC, MET, BM y TCM se consideran disponibles siempre que el par O-D esté conectado a la red para cada modo; por último, el modo CAM, se considera disponible siempre que la distancia total a recorrer sea inferior a 4 Km; por supuesto que todos los modos que están disponibles son elegidos.

---

[34] Ver Anexo A para una descripción detallada de los archivos.

[35] Se detectaron algunos problemas en el banco de datos desarrollado por DICTU-CADE (1991), en especial con respecto a la alta disponibilidad del modo “Taxi colectivo” cuyo posible efecto en los modelos desarrollados es analizado en el Anexo B, concluyéndose que su incidencia es despreciable.

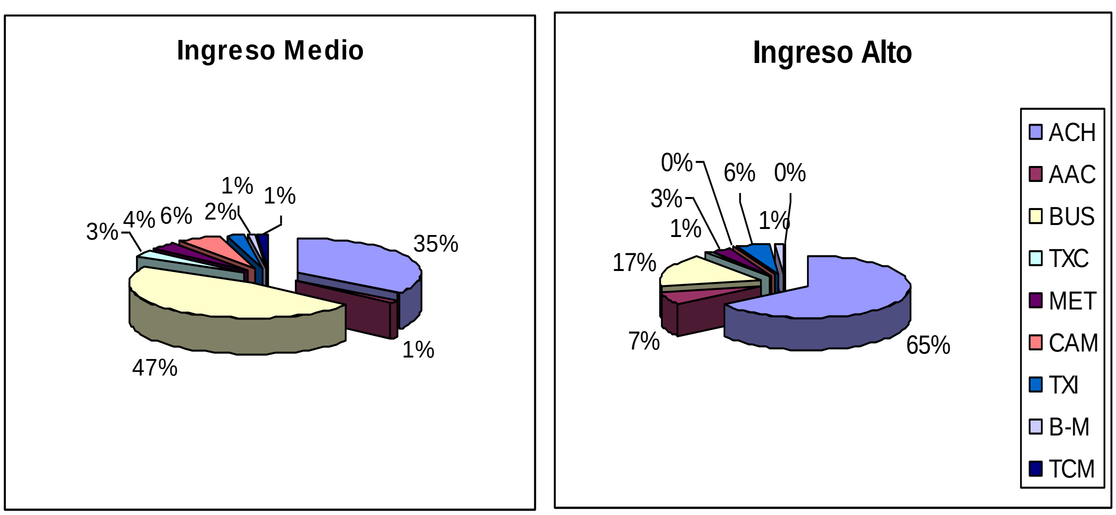
[36] Para cada modo, el porcentaje de pares O-D conectados a la red es diferente, yendo desde el ACH con una cobertura total, al MET, con una cobertura bajo el 7% (Tabla 7.7.1, DICTUC-CADE, 1991)

Tabla 4-7 Banco de datos de partición modal

		Elección Modal			**Disponibilidad**		
Código Modo	*Modo*	*Ingreso Medio*	*Ingreso Alto*	*Total General*	*Ingreso Medio*	*Ingreso Alto*	*Total General*
ACH	Auto chofer	102	47	149	149	64	213
AAC	Auto acompañante	4	5	9	5	5	10
BUS	Bus	138	12	150	294	72	366
TXC	Taxi colectivo	8	1	9	286	72	358
MET	Metro	11	2	13	72	15	87
CAM	Caminata	17	0	17	67	14	81
TXI	Taxi	7	4	11	294	72	366
B-M	Bus – Metro	3	1	4	145	45	190
TCM	Taxi colectivo – Metro	4	0	4	145	44	189
	TOTAL	294	72	366	294	72	366

Por último, en el Gráfico 4-2 se muestra una síntesis de la partición modal observada para los dos estratos de ingreso considerados.

Gráfico 4-2 Partición modal por estrato de ingreso



4.4 *Especificación y Estimación de Modelos Econométricos*

4.4.1 Modelo de Partición Modal

En la especificación del modelo de partición modal se consideró al tiempo de viaje como la suma de los tiempos de caminata, espera y viaje en el vehículo, provenientes del banco de datos de partición modal, con el objeto de ser consistente con la definición hecha de esta variable en el modelo de asignación de tiempo al trabajo tipo DeSerpa (4.41) cuyos resultados se combinarán con los de éste. Por otra parte, se consideró una especificación lineal en el tiempo y costo de viaje de la función de utilidad, como la utilizada en la deducción de los resultados del modelo DeSerpa (4.45).

Formalmente, la especificación de la función de utilidad indirecta utilizada en la estimación, es la siguiente:

$$U_j = V_j + \varepsilon_j = \alpha_j + D_{Medio}\left(\alpha^t{}_{Medio} t_{vj} + \alpha^c{}_{Medio} c_j\right) + D_{Alto}\left(\alpha^t{}_{Alto} t_{vj} + \alpha^c{}_{Alto} c_j\right) + \varepsilon_j \tag{4.72}$$

donde V_j es la utilidad indirecta, condicional al modo *j*, α_j es su constante modal, $\alpha^t{}_{Medio}, \alpha^t{}_{Alto}$ y $\alpha^c{}_{Medio}, \alpha^c{}_{Alto}$ son los parámetros asociados al tiempo y al costo de viaje para cada estrato; D_{Medio} , D_{Alto} son variables mudas, que valen uno si el individuo se encuentra en el estrato de ingreso correspondiente y cero en caso contrario; la variable c_j corresponde al costo del modo *j*; $t_{vj} = \left(t_{Caminata} + t_{Espera} + t_{Viaje}\right)_j$ corresponde a la suma de los tiempos de espera, caminata y viaje para ese modo[37] y ε_j es un término de error se supone distribuido *Gumbel* (0, μ), a fin de poder estimar un modelo *Logit multinomial*[38].

Tal como se observa en (4.72), para dar cuenta de la hipótesis de que los diferentes resultados de Valor del tiempo dependen del nivel de ingreso de los individuos, se definieron parámetros de tiempo y costo que dependen de éste y se estimó un modelo conjunto para ambos niveles de ingreso con el fin de que los parámetros de ambos niveles de ingreso quedaran multiplicados por un mismo factor de escala para así poder compararlos. La utilización de constantes modales independientes del estrato de ingreso, fue

[37] Si *j* es el modo elegido, corresponde exactamente al tiempo asignado a la actividad *VI* del modelo de asignación de tiempo a actividades.

[38] Se probó algunas estructuras jerárquicas alternativas. Sin embargo, en todos los casos éstas no resultaron significativamente diferentes del logit simple.

verificada a través de un test de razón de verosimilitud (ver Ben Akiva y Lerman, 1985), comparando los valores del logaritmo de la función de verosimilitud en convergencia (log-verosimilitud) de un modelo con constantes modales diferentes por nivel de ingreso (no restringido) y el modelo (4.72), resultando aceptada la estructura de este último.

El modelo econométrico (4.72) fue estimado con el programa ALOGIT ,Versión 1.3 para el banco de datos disponible, obteniendo los resultados señalados en la Tabla 4-8.

Tabla 4-8 Coeficientes y estadígrafos del modelo de partición modal

Variables	*Parámetro*	*(t-est)*
$\alpha^{t}{}_{Medio}$	-0,061	-(4,80)
$\alpha^{t}{}_{Alto}$	-0,092	-(4,00)
$\alpha^{c}{}_{Medio}$	-0,004	-(4,30)
$\alpha^{c}{}_{Alto}$	-0,002	-(2,20)
Constantes Modales		
ACH	0,430	(1,60)
AAC	2,198	(2,00)
TXC	-2,476	-(7,10)
MET	-0,429	-(1,30)
CAM	0,548	(1,50)
TXI	-0,785	-(1,50)
B-M	-2,341	-(4,40)
TCM	-2,481	-(4,80)
Coeficientes de Ajuste		
$L(\theta)$	-268,46	
$L(C)$	-341,81	
ρ^2	0,21	
$LR(C)$	146,71	
$\chi^2\ 95\%_{2\ gl}$	5,99	
Tamaño Muestra	366	

Con respecto a los estadígrafos de ajuste global del modelo (Tabla 4-8), del test de razón de verosimilitud se desprende que la hipótesis nula, de que todos los parámetros son iguales a cero, se rechaza dado que $LR(C) > \chi^2\ 95\%_{2\ gl}$.. Por otra parte, el índice de bondad de ajuste ρ^2 obtenido (definido como $1-L(\theta)/L(C)$, donde $L(C)$ es la verosimilitud del modelo con sólo constantes y $L(\theta)$ la del modelo completo) es aceptable (Ortúzar y Willumsen, 1994).

A partir de los resultados de la Tabla 4-8, es posible calcular lo que en el capítulo anterior se definió como el Valor de ahorrar tiempo de viaje, como la razón entre el parámetro del tiempo y el del costo de viaje para cada estrato ($VST_{estrato} = \alpha^t_{estrato} / \alpha^c_{estrato}$), obteniéndose los siguientes resultados[39].

Tabla 4-9 Valor de ahorrar tiempo de viaje

	Medio	*Alto*
VST_{Ahorro} *($1991/min)*	16,22	47,09
(t-est)	(4,26)	(2,15)

Con respecto a los valores de los parámetros estimados, se observa que todos tienen los signos intuitivamente correctos, además de observarse que el parámetro asociado al costo de viaje, que se puede interpretar como la utilidad marginal del ingreso, es más grande en valor absoluto para el estrato Medio que para el Alto, tal como debiera ocurrir intuitivamente también. Por otra parte, el hecho de que el parámetro del tiempo de viaje sea mayor, en valor absoluto, para el estrato de mayores ingresos, indicaría a la luz de los resultados teóricos desarrollados en esta tesis, que la utilidad marginal de ahorrar tiempo de viaje (K_i) es directamente proporcional al ingreso.

A partir de los t-estadísticos de los parámetros calibrados se concluye que, tanto para el tiempo como para el costo de viaje, los parámetros respectivos son significativos en los dos estratos. En cambio, se observa que las constantes de los modos TXI, CAM, MET y ACH, no son significativas en un 95% de confianza, lo que indica que la variabilidad de la elección de modo es determinada por las variables explicativas.

[39] El cálculo de los t-estadísticos para el Valor del tiempo, al igual que el de otros resultados obtenidos en esta tesis que contemplan funciones de parámetros estimados de los modelos de partición modal o de asignación de tiempo al trabajo, es descrito en el Anexo D.

4.4.2 Modelo de Asignación de Tiempo al Trabajo Tipo Becker

El modelo de asignación de tiempo al trabajo o de actividades, tipo Becker, corresponde al señalado en el punto (4.27) que, expresado en función del registro i-ésimo, toma la siguiente forma:

$$w_i = B\frac{1}{\left(\tau - T_{W_i}\right)} - A\frac{\tau}{T_{W_i}\left(\tau - T_{W_i}\right)} + \varepsilon_i \qquad (4.73)$$

donde w_i es la tasa salarial del individuo i-ésimo; T_{Wi} es el tiempo asignado a la actividad trabajo *ET*; τ es el tiempo disponible (24 hrs.); *A* y *B* son los parámetros a estimar y ε_i es un término de error.

La tasa salarial se calcula, en forma aproximada a partir de la información disponible, como la razón entre el ingreso líquido mensual por persona y las horas de trabajo declaradas por el individuo, lo que lleva implícito los supuestos que el individuo se comporta como si el ingreso familiar fuera repartido en partes iguales entre sus miembros, que no existe ingreso fijo y que el individuo se encuentra en equilibrio de largo plazo con respecto a sus horas de trabajo y tasa salarial. Formalmente, la expresión utilizada para calcular la tasa salarial utilizada en este modelo es la siguiente[40]:

$$w_i = \frac{1}{\left(\frac{5}{7}\right)T_{W_i}}\,\frac{IFM_i}{\left(\frac{365}{12}\right)NPER_i} \quad (\$/hora) \qquad (4.74)$$

donde IFM_i es el ingreso líquido familiar mensual ($) del individuo i-ésimo y $NPER_i$ es el número de personas de su respectiva familia, de forma tal que la razón entre IFM_i y $NPER_i$ corresponde a una aproximación del ingreso líquido mensual individual. Dividiendo este término por los factores 365/12 (días por mes) y 5/7 (fracción de días laborales por mes) se logra una aproximación del ingreso individual diario el cual, al ser dividido por las horas de trabajo diarias declaradas por el individuo T_{Wi} corresponderá finalmente al ingreso individual por hora, o la tasa salarial.

[40] Cabe señalar que podría obtenerse un mejor indicador de la tasa salarial del individuo dividiendo el IFM por el número de personas que trabajan, en vez de considerar a todos los miembros de la familia, sin embargo, esta información no está disponible.

La estimación del modelo (4.73) se hace con la rutina de regresión lineal del programa EXCEL 97, obteniéndose los resultados que se presentan en la Tabla 4-10 para cada estrato de ingreso definido[41]. De esta tabla se desprende que los modelos lineales definidos en (4.73) ajustan bien para el estrato de ingreso medio ya que su R^2 *ajustado* es alto y los test estadísticos de los parámetros *A* y *B* indican que estas variables son significativas al 95 % de confianza. En cambio, para el estrato alto, el t-est del parámetro *B* indica que este resulta ser no significativo al 95% de confianza (sino sólo al 90%), lo que podría explicarse por la escasez de datos en este estrato o el incumplimiento de alguno de los supuestos considerados ($\lambda \neq 0$, utilidad lineal, trabajo variable, etc.).

Tabla 4-10 Parámetros y estadígrafos del modelo tipo Becker

Estrato	*Medio*	*Alto*
A	-2741,42	-6550,05
(t-est)	-(35,3)	-(23,2)
B	-1312,42	-2324,57
(t-est)	-(2,3)	-(1,6)
R^2 ajustado	0,78	0,84
Observaciones	294	72

4.4.3 Modelo de Asignación de Tiempo al Trabajo Tipo DeSerpa

La especificación del modelo tipo DeSerpa es muy similar a la del modelo anterior. En concordancia con la expresión (4.41), para la i-ésima observación, el modelo de regresión lineal es el siguiente:

$$w_i = B'\frac{1}{\left(\tau - T_{W_i} - T_{vi_i} - T_{vv_i}\right)} - A\frac{\tau - T_{vi_i} - T_{vv_i}}{T_{W_i}\left(\tau - T_{W_i} - T_{vi_i} - T_{vv_i}\right)} + \varepsilon_i \tag{4.75}$$

donde w_i , T_{Wi} , τ , A , B y ε_i tienen la misma interpretación que en (4.73); T_{vi_i} y T_{vv_i} corresponden al tiempo asignado a *VI* y *VV* respectivamente, como se definió en la Tabla 4-5.

[41] Antes de estimar el modelo (4.73) se analizó la validez de los supuestos asociados a un modelo de regresión lineal múltiple (Pindick y Rubienfield, 1980), verificándose que se cumplían todos en forma satisfactoria.

Los resultados de la estimación del modelo se presentan en la Tabla 4-11, de la que se desprende que el modelo (4.75) ajusta bien para ambos estratos, resultando todas las variables significativas a un 95% de confianza.

Tabla 4-11 Parámetros y estadígrafos del modelo tipo DeSerpa

Estrato	*Medio*	*Alto*
A	-2747,19	-6564,55
(t-est)	-(35,4)	-(23,2)
B	-1498,40	-2709,12
(t-est)	-(2,9)	-(2,0)
R^2 ajustado	0,77	0,84
Observaciones	294	72

4.5 Cálculo, Análisis e Interpretación de Resultados

4.5.1 Modelo Tipo Kraan

Para el caso del Modelo tipo Kraan (4.1), es posible calcular la razón entre los parámetros de la función de utilidad asociados a cada una de las actividades sin ocupar los resultados de los modelos estimados sino, tal como se señala en la expresión (4.6), sólo a partir de los tiempos asignados. Como se supone que los parámetros de la función de utilidad son iguales para toda la muestra[42], la razón entre ellas se calcula como la razón del promedio de los tiempos asignados por los 366 individuos. De esta manera, los resultados para este modelo son los siguientes:

Tabla 4-12 Razón entre parámetros modelo tipo Kraan

	θ_h/θ_W	θ_{vi}/θ_W	θ_{vv}/θ_W
promedio	2,142	0,058	0,116

[42] Es decir, se supone que las preferencias por las distintas actividades y bienes son homogéneas entre los individuos y que cualquier diferencia sistemática en los tiempos asignados o bienes consumidos, por parte de ciertos grupos de individuos, sólo podría explicarse por diferencias en las restricciones de ingreso o tecnológicas que éstos grupos de individuos enfrentarían.

La situación de equilibrio de este problema, está representada por la Figura 3-9 del capítulo anterior, de la que se desprende, al igual que de la Tabla 4-12, que los parámetros de la función de utilidad tienen el mismo signo para todas las actividades y resultan ser directamente proporcionales al tiempo asignado a cada una de ellas.

De esta manera, si suponemos que al individuo le agrada EH entonces, suponer que el problema (4.1) es adecuado para modelar el comportamiento de los individuos, implica suponer que al individuo le agrada asignar tiempo a todas las actividades que realiza, incluidos ET, VI y VV. Por otra parte, el hecho de que el individuo asigne prácticamente el mismo tiempo a ET que a EH, se interpretaría como que ambas actividades le agradan en la misma medida, lo que no toma en consideración que el trabajo le reporta ingresos o que esté obligado a realizarlo. Esto hace intuitivamente, poco razonables estos resultados y es coherente con la no consideración de estos efectos en el modelo.

Por último, en este caso las razones entre las utilidades marginales de los tiempos asignados son iguales a uno, como se señala en (4.3) y (4.4).

4.5.2 Modelo Tipo Becker

Para el modelo tipo Becker (4.7) se utilizan los resultados de la Tabla 4-10. En ésta se observa que tanto el parámetro A como el parámetro B son directamente proporcionales al nivel de ingreso (ver Tabla 4-4), lo que es coherente con la interpretación teórica de estos parámetros, ya que como se observa en (4.25) y (4.26), ambos se definen como el producto entre una expresión que depende de los parámetros de la función de utilidad (que suponemos igual entre los individuos) y el gasto realizado en un bien determinado (P_kX_k), que debiera ser directamente proporcional al nivel de ingreso.

Por otra parte, tal como se señaló en el punto 4.2.3, dada la interpretación teórica del parámetro A, se puede inferir que su signo corresponde al signo del parámetro de la actividad ET en la función de utilidad. De esta forma, como en la Tabla 4-10 se observa que para ambos estratos el parámetro A es negativo, se tiene que el parámetro en la función de utilidad de la actividad ET es también negativo, es decir, al individuo le desagrada realizar dicha actividad y sólo está dispuesto a asignarle tiempo, en razón al efecto positivo en su restricción de ingreso[43].

[43] El equilibrio de este modelo, se puede representar gráficamente con la Figura 3-5 del capítulo anterior.

Utilizando la expresión (4.28) es posible deducir, de los resultados de los parámetros *A* y *B* (Tabla 4-10) y el tiempo medio asignado a las actividades para toda la muestra (Tabla 4-6), la razón entre los parámetros de la función de utilidad de las actividades *EH* y *ET*[44]. Por otra parte, a partir de la expresión (4.29) es posible calcular la razón entre los parámetros de la función de utilidad de las actividades *VI, VV* y *ET*.

Tabla 4-13 Razón entre parámetros modelo Becker[45]

	θ_h/θ_W	θ_{vi}/θ_W	θ_{vv}/θ_W
	-0,505	-0,014	-0,059
(t-est)	-(3,3)	-(3,2)	-(3,3)

Dado que el signo del parámetro de *ET* es negativo (lo que se infiere del signo del parámetro *A*), los resultados para las razones entre parámetros, en la Tabla 4-13, indican que los parámetros de la función de utilidad de todas las otras actividades, son positivos.

Este resultado es coherente con que en este modelo se supone que el individuo puede decidir libremente su asignación de tiempo a las actividades, por lo que si se ha asignado tiempo a una actividad, sólo puede deberse a que al individuo le gusta en forma proporcional a su tiempo asignado o bien, si no le gusta, a que ésta le genera ingresos, como en el caso del trabajo.

Si bien la interpretación teórica de los resultados obtenidos con este modelo es intuitivamente más correcta que las del modelo anterior, no parece razonable que el parámetro de *VI* resulte positivo, lo que se desprende de que θ_{vi}/θ_W *<0* en la Tabla 4-13 y que θ_W *<0* . Este resultado podría deberse a que este modelo no toma en consideración la naturaleza obligatoria de la actividad viajar, aspecto que sí es abordado por el modelo DeSerpa.

Utilizando la expresión (4.42) es posible deducir, de los resultados de los parámetros *A* y *B* (Tabla 4-11), la razón entre los parámetros de la función de utilidad de las actividades *EH* y *ET*. Por otra parte, a partir de la expresión (4.49) y los parámetros del modelo de partición modal (Tabla 4-8), es posible calcular la

---

44 $\frac{\theta_h}{\theta_W} = H_h\left(\frac{B}{A} - 1\right)$, donde H_h se calcula, tal como se señala en (4.23), a partir de los promedios de los tiempos asignados.

45 En el Anexo D se detalla la forma en que se calcularon las varianzas y t-estadísticos en este capítulo.

razón entre los parámetros de la función de utilidad de las actividades *VI, VV* y *ET*. Estos resultados se presentan en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14 Resultados para el modelo Becker, por estrato de ingreso[45]

($1991/min)	*Medio*	*Alto*
w	12,70	25,12
$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda}$	2,43	4,70
(t-est)	(4,1)	(4,1)
$\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda}$	-10,26	-20,42
(t-est)	-(17,5)	-(17,9)

En esta tabla se observa que, tal como señalaban Bates y Roberts (1986), el Valor del tiempo como recurso resulta ser mayor para el estrato de mayor ingreso. Esto se explicaría sólo por la mayor tasa salarial del estrato alto, ya que el otro término que lo compone, es decir, el Valor de asignar tiempo al trabajo (o el Valor del trabajo en la utilidad directa) resulta ser más negativo para el estrato de mayor ingreso, es decir actúa en el sentido contrario.

El hecho que el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa sea más negativo para el estrato de mayores ingresos, se explica por la menor utilidad marginal del ingreso (UMI) de los individuos de este estrato. Esta afirmación se puede verificar calculando la razón entre los valores del tiempo de trabajo en la utilidad directa para ambos estratos la que, de (4.12), puede escribirse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}&\frac{\partial U/\partial T_{WAlto}}{\lambda_{Alto}} \Bigg/ \frac{\partial U/\partial T_{WMedio}}{\lambda_{Medio}} = \frac{\partial U/\partial T_{WAlto}}{\partial U/\partial T_{WMedio}} \frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}} = \\ &\frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}} \frac{U_{Alto}}{U_{Medio}} \frac{T_{WMedio}}{T_{WAlto}} \frac{\theta_{WAlto}}{\theta_{WMedio}} = \frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}} \frac{T_{WMedio}}{T_{WAlto}} \approx \frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}}\end{aligned} \tag{4.76}$$

expresión que se cumpliría pues se supone que los coeficientes de la función de utilidad para el tiempo de trabajo son independientes del nivel de ingreso ($\theta_{WAlto} = \theta_{WMedio}$), que los niveles de utilidad son iguales para ambos estratos de ingreso[46] ($U_{Alto} = U_{Medio}$), y que la razón entre los tiempos asignados al trabajo para ambos estratos es muy cercana a uno (lo que se desprende de la Tabla 4-6).

Por otra parte, es posible deducir la razón entre las utilidades marginales del ingreso de dos estratos diferentes, como el producto de la razón entre el inverso de los tiempo de trabajo asignado y el inverso de los valores del tiempo de trabajo en al utilidad directa.

$$\frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}} = \frac{T_{WAlto}}{T_{WMedio}} \left(\frac{\partial U / \partial T_{WAlto}}{\lambda_{Alto}} \Bigg/ \frac{\partial U / \partial T_{WMedio}}{\lambda_{Medio}} \right) \tag{4.77}$$

Calculando la expresión anterior, se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 4-15 Razón entre UMI por estrato, modelo Becker[45]

$\lambda_{Medio}/\lambda_{Alto}$	1,969
(t-est)	(12,5)

De esta manera, a través de la estimación de un modelo del tipo Becker, es posible deducir no sólo el Valor del tiempo como recurso, sino también la razón entre las utilidades marginales del ingreso por estrato, sin necesidad de desarrollar un modelo de partición modal.

4.5.3 Modelo Tipo DeSerpa

En el caso del modelo de comportamiento definido por las expresiones (4.7) y (4.37), se estima un modelo de asignación de tiempo a trabajo y uno de partición modal.

Con respecto a los resultados del modelo de asignación de tiempo al trabajo, presentados en la Tabla 4-11, se pueden hacer las mismas observaciones que para el modelo tipo Becker, es decir, que los parámetros *A* y *B* son directamente proporcionales al ingreso y que el trabajo es desagradable para el individuo (*A* <0).

A partir de las expresiones (4.42) y (4.49) y utilizando la información de la Tabla 4-9, es posible calcular las razones entre los parámetros de la función de utilidad de todas las actividades, menos las

[46] Esto implica suponer que las funciones de utilidad están multiplicadas por un determinado factor de escala de forma tal que sea iguales, o bien que en vez de una función de utilidad Cobb Douglas, se tiene una función Log Lineal, supuestos que no alterarían ninguna de las propiedades de los modelos desarrollados.

correspondientes a *VV*, ya que no se cuenta con un modelo de partición modal para esa actividad. Los resultados en este caso son los siguientes:

Tabla 4-16 Razón entre parámetros modelo DeSerpa[45]

	θ_h/θ_W	θ_{vi}/θ_W
	-0,48	0,14
(t-est)	-(3,2)	(4,4)

Dado que, del signo del parámetro *A* en la Tabla 4-11 se dedujo que el parámetro de ET era negativo, de la

Tabla 4-16 se desprende que, al igual que en modelo Becker, el parámetro de la actividad EH es positivo; es decir, al individuo le agradaría esta actividad. En cambio, el parámetro de la actividad VI es negativo, lo que resulta coherente con el tratamiento dado a la actividad en este modelo, es decir, considerar que su asignación de tiempo está restringida al mínimo requerido. Con respecto a los órdenes de magnitud de los parámetros de la Tabla 4-16 se observa que θ_h/θ_W es del mismo orden que en el modelo Becker, lo que es consistente con que no se consideran nuevos aspectos de las actividades estar en el hogar y trabajo en este modelo con respecto al modelo Becker, en cambio, se observa que θ_{vi}/θ_W es 10 veces lo que se obtenía anteriormente, lo que se explicaría por que en el modelo Becker la razón entre estos parámetros sólo tenía relación con los tiempos asignados a VI y ET y, en el modelo DeSerpa, se considera la naturaleza exógena del tiempo asignado a esta actividad.

Utilizando los resultados del modelo de asignación de tiempo al trabajo de la Tabla 4-11, además de los promedios de los tiempos asignados (Tabla 4-6) y los resultados del modelo de partición modal (Tabla 4-8), es posible calcular, a partir de las expresiones (4.37), (4.39), (4.49) y (4.53), el Valor del tiempo como recurso, el Valor del tiempo asignado al trabajo, el Valor de ahorrar tiempo de viaje y el Valor de asignar tiempo a VI para cada estrato de ingreso, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4-17 Resultados para el modelo DeSerpa, por estrato de ingreso[45]

($1991/min)	*Medio*	*Alto*
w	12,70	25,12
$VST_{RECURSO} = \dfrac{\mu}{\lambda}$	2,34	4,52
(t-est)	(4,0)	(4,0)
$\dfrac{\partial U / \partial T_W}{\lambda}$	-10,36	-20,60
(t-est)	-(17,6)	-(18,0)
$VST_{AHORRO} = \dfrac{K_{vi}}{\lambda}$	16,22	47,09
(t-est)	(4,3)	(2,1)
$\dfrac{\partial U / \partial T_{vi}}{\lambda}$	-13,88	-42,56
(t-est)	(-3,6)	(-1,9)

De los resultados presentados en la Tabla 4-17 sólo el parámetro del Valor del tiempo de viaje al trabajo en la utilidad directa para el estrato Alto resulta no significativo a un 95% de confianza, lo que se podría explicar por la escasez de datos en este estrato de ingreso.

Los resultados obtenidos para los diferentes conceptos de Valor subjetivo del tiempo con el modelo tipo DeSerpa y que son presentados en la Tabla 4-17 pueden resumirse en los siguientes figuras:

Figura 4-10 Esquema de resultados estrato Medio

16.22 = 12.70 - 10.36 - (-13.88)

$$VST_{AHORRO} = \left\{ \begin{matrix} w + \dfrac{\partial U / \partial T_W}{\lambda} \\ \dfrac{\mu}{\lambda} \end{matrix} \right\} - \dfrac{\partial U / \partial T_{vi}}{\lambda}$$

2.34

Figura 4-11 Esquema de resultados estrato Alto

47.09 = 25.12 - 20.60 - (- 42.56)

$$VST_{AHORRO} = \left\{ \frac{w + \dfrac{\partial U / \partial T_W}{\lambda}}{\dfrac{\mu}{\lambda}} \right\} - \frac{\partial U / \partial T_{vi}}{\lambda}$$

4.52

Al igual que en el caso del modelo tipo Becker, se observa que el Valor del tiempo como recurso es mayor para el estrato Alto que para el estrato Medio lo que se debería principalmente a su mayor tasa salarial, ya que el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa actúa en el otro sentido, es decir, es más negativo para el estrato de mayores ingresos.

Con respecto al Valor de ahorrar tiempo de viaje, se observa que éste es mayor para el estrato de mayores ingresos; es decir, mientras mayores sean los ingresos del individuo, más dinero estará dispuesto a pagar por reducir su tiempo de viaje, lo que se explicaría por su mayor Valor del tiempo como recurso, pero principalmente por su Valor de asignar tiempo al viaje mucho más negativo.

Sólo un enfoque del tipo DeSerpa, permite explicar la evidencia empírica sobre el tiempo asignado a actividades que se observa en el Gráfico 4-1: donde los individuos del estrato de mayor ingreso asignan, como promedio, menos tiempo a *VI, VV y ET* y más a *EH*, que los de estrato Medio. En efecto, bajo este enfoque de análisis se puede afirmar que esto se explicaría por su mayor disponibilidad de dinero, la que actuaría en dos sentidos: por un lado permitiéndoles pagar por medios de transporte más rápidos para disminuir su tiempo de viaje (que sólo bajo este enfoque resulta ser desagradable); y por otro lado, hace más bajo su UMI, haciendo más desagradable relativamente, su tiempo asignado a *ET*, lo que lo induce a reasignar tiempo de esta actividad hacia el ocio (*EH*).

Por otra parte, al igual que en el modelo tipo Becker, es posible calcular la razón entre las utilidades marginales del ingreso por estrato con la expresión (4.77), cuyo resultado puede ser contrastado con el que se obtiene de modelo partición modal como la razón entre los parámetros del costo de viaje para cada estrato.

Tabla 4-18 Razón entre UMI por estrato, modelo DeSerpa[45]

	$\lambda_{Medio}/\lambda_{Alto}$
Modelo de asignación	1,969
(t-est)	(12,6)
$\alpha^{c}{}_{Medio}/\alpha^{c}{}_{Alto}$	1,932
(t-est)	(2,0)

En la Tabla 4-18 se observa que la razón entre las UMI por estrato, calculadas con un modelo de partición modal o uno de asignación de tiempo a actividades como los desarrollados en esta tesis, son estadísticamente iguales, con lo que se verifica la consistencia entre ambos modelos. De esta manera, es posible plantear una estimación conjunta de los modelos de asignación de tiempo a actividades y de partición modal lo que podría traer beneficios en cuanto al ajuste de los modelos e interpretación de resultados.

Por último, cabe señalar que es posible plantear una generalización del modelo DeSerpa en la cual, en lugar de considerar a la actividad EH como una gran actividad de "ocio", se separe la estadía en el hogar entre actividades relacionadas con necesidades biológicas y tiempo libre. La ausencia de datos a este respecto hacen imposible estimar un modelo de esta naturaleza; sin embargo, en el Anexo E se reporta los resultados de la estimación de un modelo del tipo DeSerpa en el cual se consideraron 18 horas de tiempo disponible (en vez de 24), es decir, donde se consideraron seis horas de tiempo para necesidades biológicas. Los resultados en este caso siguen siendo intuitivamente coherentes, resultan todos estadísticamente significativos y se observa un disminución sustancial del Valor del tiempo como recurso.

4.6 Síntesis, Conclusiones y Comentarios

En este capítulo se analizan cinco enfoques de modelación del fenómeno de asignación de tiempo a actividades, desarrollando un modelo de asignación de tiempo al trabajo estimable a partir de bancos de datos existentes o factibles de ser creados.

Los tres primeros modelos teóricos desarrollados fueron estimados con un mismo banco de datos de asignación de tiempo a actividades y partición modal, obteniendo para cada modelo diferentes resultados.

Como primer resultado, para los tres modelos fue posible determinar el signo de los parámetros de la función de utilidad asociados a cada actividad (sintetizados en la Tabla 4-19). Estos resultaron ser coherentes con los supuestos realizados en cada caso: como en el modelo Kraan se supone que el tiempo puede ser asignado en forma libre a todo tipo de actividades, el signo de todos los parámetros resulta positivo; en el caso del modelo Becker en cambio, se incluye el supuesto de que las horas de trabajo generan ingresos al individuo, por lo que un eventual desagrado por realizar esta actividad se podría ver compensado con el ingreso que ésta genera, por lo que resulta razonable que el parámetro asociado a dicha actividad θ_W sea él único negativo; por último como en el modelo tipo DeSerpa se supone además que la actividad viajar esta restringida a su mínimo requerido, es decir, que si individuo pudiera, disminuiría su tiempo a signado a viajar (supuesto muy realista), resulta razonable que el signo del parámetro asociado a dicha actividad θ_{vi} sea también menor que cero.

Tabla 4-19 Signo de Parámetros de la función de utilidad para los modelos estimados

Parámetro	*Kraan*	*Becker*	*DeSerpa*
θ_h	+	+	+
θ_W	+	-	-
θ_{vi}	+	+	-
θ_{vv}	+	+	

Para el modelo tipo Becker se obtiene una estimación del Valor del tiempo como recurso y del Valor de asignar tiempo al trabajo, lo que constituye una novedad, no sólo por el hecho de diferenciar éstos dos conceptos, sino también por la obtención de un Valor del tiempo sin necesidad de confeccionar y estimar un modelo de partición modal. Del mismo modo, la obtención de la razón entre las UMI de dos estratos, lograda con el modelo de asignación de tiempo al trabajo, constituye un resultado que podría ser útil, por ejemplo, en el estudio de la valoración social de ciertos atributos (Jara Díaz, *et al*. 1999), y probablemente más eficiente que la estimación de un modelo de partición modal, pues sólo requiere información sobre el tiempo asignado y la tarifa marginal de una actividad que considere transacción de dinero, que podría ser no sólo *ET*, sino incluso una actividad como hablar por teléfono, con respecto a la cual la obtención de datos fidedignos no parece tan compleja.

Para el modelo De Serpa se obtiene una estimación del Valor de asignar tiempo a la actividad “Viaje de ida”, como la diferencia entre el Valor de ahorrar tiempo en ella y el Valor del tiempo como recurso. De esta manera, este modelo resulta ser el más completo en cuanto a los resultados que permite obtener, los bancos de datos que requiere y lo razonable de sus supuestos.

Con respecto a los modelos que fueron desarrollados pero que no pudieron ser estimados a partir del banco de datos disponible (Modelo DeSerpa Extendido y de Tiempo de trabajo mínimo) se definió una metodología de estimación, cálculo de resultados y los datos que se requerirían, con miras a futuras investigaciones.

Una investigación que parece interesante a la luz de los resultados obtenidos, corresponde a analizar la validez de los modelos de asignación de tiempo al trabajo desarrollados en este capítulo para estratos de más bajos ingresos, lo que permitiría probar la hipótesis de que los supuestos asociados al modelo de tasa salarial sólo son válidos para los estratos de mayores ingresos. En todo caso, se realizaron pruebas preliminares en este sentido, verificándose que para el estrato Medio Bajo (2 en la EOD) los resultados eran contra intuitivos (VST Recurso <0), pero resultaron razonablemente correctos para el estrato Bajo (1 en la EOD).

En síntesis, este capítulo no constituye sólo una revisión empírica de los conceptos desarrollados en el capítulo anterior, sino que además contiene aportes metodológicos y teóricos novedosos, en particular el planteamiento de los modelos de asignación de tiempo al trabajo (4.27) y (4.41) que representan un ejemplo interesante dentro de los modelos de asignación de tiempo a actividades, en especial por la gran gama de resultados que de estos se pueden inferir.

5 SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

5.1 *Síntesis*

La motivación principal de esta tesis fue contribuir a la comprensión del concepto de Valor del tiempo, en el contexto de la realización de actividades, a través del planteamiento de un modelo microeconómico de comportamiento. Como primer paso en busca de este objetivo, se revisó en forma exhaustiva la literatura relacionada con la modelación de la asignación de tiempo a actividades y el Valor del tiempo, estableciendo comparaciones y relaciones, identificando los aportes y debilidades de cada enfoque e integrándolos en un marco de análisis común, todo lo cual se reporta en el segundo capítulo.

En el capítulo tres se desarrolló un modelo de comportamiento individual en la asignación de tiempo a actividades y el consumo de bienes basado en la teoría microeconómica. Este modelo considera relaciones tecnológicas entre bienes y tiempo en la línea de lo planteado por Calderón (1999) (que se denominó *DeSerpa Extendido*). Utilizando este modelo, se hizo un análisis teórico del concepto del Valor del tiempo en el cual, además de deducir los conceptos de Valor del tiempo como recurso, Valor del tiempo ahorrado y Valor del tiempo asignado a una actividad, introducidos por DeSerpa (1971), se definió un concepto novedoso de Valor del tiempo que corresponde al efecto de variación en el consumo de bienes ante eventuales ahorros de tiempo en determinadas actividades y que sólo tendría como antecedente al trabajo de Gronau (1986). La expresión general que sintetiza estos resultados es presentada a continuación.

$$\frac{K_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U/\partial T_i}{\lambda} + \sum_{k=1}^{m} \frac{\psi_K}{\lambda} \frac{\partial g_K(T)}{\partial T_i} \tag{5.1}$$

Esta expresión indica que el Valor de ahorrar tiempo en la actividad *i-ésima* (K_i/λ) para reasignarlo al "ocio", tiene al menos tres componentes: Las dos primeras corresponden al efecto directo de la reasignación del tiempo ahorrado por el individuo en la actividad i-ésima, es decir, a la diferencia entre la valoración de la unidad de tiempo reasignada a una actividad del tipo "ocio" (μ/λ , que puede ser escrito en función de cualquier actividad, pero cuando es escrito con respecto al trabajo, resulta ser igual a la tasa salarial más el Valor del tiempo de trabajo en la utilidad directa) y la unidad de tiempo que se dejó de asignar a la actividad i-ésima ($(\partial U/\partial T_i)/\lambda$). La tercera expresión corresponde al efecto indirecto que la reasignación de tiempo tiene en el nivel de consumo del individuo y será mayor mientras mayor sea el efecto que ésta tenga en los niveles de consumo mínimo ($\partial g_k(T)/\partial T_i$) y mientras más valorada sea una relajación en el nivel de consumo mínimo de cada bien (Ψ_k/λ); es decir, el individuo estará dispuesto a pagar más por ahorrar tiempo en esa actividad, cuando ese ahorro le signifique además un disminución en el consumo de bienes que desearía reducir.

Por otra parte, en el capítulo tres se verificó, de una forma general y sin ambigüedades, la relación entre el enfoque de modelación continuo y discreto del Valor del tiempo, constatándose la equivalencia entre el concepto de Valor de ahorrar tiempo de viaje (K_i/λ) con el Valor del tiempo que se obtiene de los modelos de elección discreta. Si bien la equivalencia entre los enfoques continuo y discreto ya había sido demostrada por Bates y Roberts (1986), ésta demostración resultaba poco general pues descansaba en una serie de supuestos (como que la función de utilidad indirecta puede ser aproximada por una función lineal, la consideración de ingreso exógeno y variables agregadas, entre otros). Por esto, la demostración hecha en esta tesis, como un corolario del Teorema de la sensibilidad de la teoría de la programación no lineal para el caso más general posible, constituye también un aporte.

Con el objetivo de realizar una aplicación empírica de los resultados teóricos del capítulo tres, en el capítulo cuatro se desarrolló cinco modelos microeconómicos de comportamiento, a partir de los cuales se dedujo modelos de demanda por tiempo asignado a actividades asalariadas (en particular trabajo) que permiten calcular los diferentes conceptos de Valor del tiempo analizados en esta tesis, además de los parámetros de la función de utilidad, al ser analizados en forma conjunta con otros modelos. Para el caso del modelo tipo DeSerpa (punto 4.2.4) el modelo de demanda por tiempo asignado al trabajo desarrollado es el siguiente:

$$w = B'\frac{1}{\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)} - A\frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{T_W\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)} \tag{5.2}$$

donde los parámetros A y B tienen la siguiente interpretación en términos de los parámetros de la función de utilidad y el gasto en bienes:

$$A = \frac{\theta_W}{C_\lambda} \text{ y } B' = \frac{\theta_h + \theta_W}{C_\lambda}, \text{ con } C_\lambda = \frac{\eta_k}{P_k X_k} \quad \forall \text{ k} \tag{5.3}$$

De la estimación del modelo (5.2) en forma paralela a un modelo de partición modal, es posible recuperar valores empíricos para el Valor del tiempo como recurso, el Valor de asignar tiempo al trabajo y al viaje, el Valor de ahorrar tiempo de viaje y la razón entre de los coeficientes de la función de utilidad y su signo. Tanto la especificación teórica de modelos de asignación de tiempo a actividades, como su estimación a partir datos de la ciudad de Santiago, la interpretación de sus resultados y el cálculo de los diferentes conceptos de Valor del tiempo a partir de ella, constituyen aportes relevantes de esta tesis.

5.2 Conclusiones y Líneas de Investigación Futura

La primera conclusión de esta tesis es que es posible analizar a los viajes en el contexto de las actividades que los motivan, utilizando una interpretación microeconómica del Valor subjetivo ahorrar tiempo de viaje (VSTAV) que se estima de los modelos de elección discreta de modo. De esta manera, el VSTAV puede ser visto como la suma de diversos componentes asociados al fenómeno de asignación de tiempo a actividades que se sintetizan en la expresión (5.1) y analizan en profundidad en el capítulo tres.

La segunda conclusión importante, es que es posible desarrollar modelos econométricos de asignación de tiempo a actividades que permitirían calcular los términos teóricos desarrollados para el valor del tiempo en el capítulo tres, siempre que se cuente con bancos de datos apropiados. Del mismo modo, la aplicación realizada a partir de un banco de datos de asignación de tiempo a actividades y de partición modal, entrega resultados interesantes, que son analizados en profundidad en el capítulo cuatro.

El trabajo desarrollado en esta tesis permite plantear diversas líneas de investigación: la profundización de los análisis realizados en esta tesis; la investigación de nuevos aspectos; el desarrollo de nuevos modelos teóricos; y el perfeccionamiento de los bancos de datos y los modelos econométricos.

Con respecto a la profundización de los análisis desarrollados, parece relevante seguir interpretando los resultados representados por la expresión (5.1), verificar la validez de los modelos desarrollados en el capítulo cuatro para estratos de ingreso más bajo y realizar una estimación conjunta de los modelos de partición modal y de asignación de tiempo a actividades utilizando como variable común a la razón entre las utilidades marginales del ingreso por estrato.

Con respecto a la investigación de otros fenómenos, como primer punto parece relevante estudiar el efecto de la consideración de nuevas variables en la modelación teórica del Valor del tiempo. En efecto, así como la inclusión del tiempo de trabajo en la función de utilidad (Johnson, 1966), de restricciones de tiempo mínimo (DeSerpa, 1971), de los efectos de la congestión (Small, 1982) o de restricciones de consumo mínimo (esta tesis), inducen nuevos términos teóricos en el análisis microeconómico del Valor del tiempo, parece relevante investigar el efecto de la consideración de otro tipo de variables, relacionadas por ejemplo con la localización, características ambientales, interacción entre los miembros del hogar o el tiempo de sueño, en la interpretación microeconómica de este concepto. El segundo aspecto que parece interesante investigar a futuro, dice relación con la especificación de modelos microeconómicos de demanda por tiempo asignado a actividades. De los trabajos encontrados en la literatura relacionada con este tema (Damm, 1981; Kitamura, 1984; Munski, 1993; Kraan, 1996; Calderón, 1999), se observa que éste es un área poco desarrollada y que potencialmente podría enriquecer en forma teórica los resultados obtenidos con otros modelos, tal como ocurrió con respecto al Valor del tiempo en esta tesis.

Con respecto a la confección de bancos de datos, parece relevante investigar sobre metodologías de obtención de datos de asignación de tiempo a actividades donde se tenga información, de mejor calidad de la que se contaba en esta tesis, sobre la tasa salarial (en particular) y los tiempos asignados a distintas actividades, entre las que se podría incluir el tiempo asignado a dormir. Por otra parte, con el objeto de estimar un modelo del tipo DeSerpa Extendido, sería necesario contar con información sobre la variación marginal en el consumo de bienes debido al tiempo que se asigna al viaje, y con lo datos necesarios para estimar un modelo de elección discreta del consumo de bienes. Del mismo modo, para la estimación de un modelo tipo Jara Díaz y Farah (trabajo fijo) sería necesario contar además con información sobre el tiempo asignado a una actividad que tuviera costo por unidad de tiempo (por ejemplo Hablar por teléfono) y los datos necesarios para la estimación de un modelo de elección discreta de tiempo asignado al trabajo fijo. Por otra parte, dada la interpretación teórica de los parámetros del modelo de asignación de tiempo a actividades (5.3), si se contara con información sobre los niveles de consumo $\left(P_k X_k\right)$ de un mismo bien para cada uno de los individuos de la muestra, no sería necesario estratificarla por nivel de ingreso para estimar el modelo sino que, incluyendo esta información en (5.2), sería posible estimar un solo modelo para toda la muestra, lo que eventualmente mejoraría su estimación, haciendo relevante el estudio de metodologías de obtención de datos a este respecto.

Por último, con respecto a mejorar la estimación de los modelos econométricos, es necesario investigar la validez de los resultados obtenidos con la utilización de datos medidos en forma más precisa, considerando otros propósitos y períodos del día, como también la utilización de modelos de elección más adecuados.

6 REFERENCIAS

ALOGIT (1986) **Documentation of ALOGIT Programs**. Hague Consulting Group, La Haya, Holanda.

Armstrong, P. y Ortúzar, J.de D. (1995) Intervalos de confianza para delimitar el valor del tiempo de viaje. **Actas del Séptimo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**, 1-14.

Axhausen K. y Gärling, T. (1992) Activity-based approaches to travel analysis: conceptual frameworks, models, and research problems. **Transport Reviews** 12, 323-341.

Bates, J. (1987) Measuring travel time values with a discrete choice model: a note. **The Economic Journal** 97, 493-498.

Bates, J. y Roberts, M. (1986) Value of time research: Summary of methodology and findings. **Proceedings 14th PTRC Summer Annual Meeting**, University of Susex, Inglaterra

Becker, G. (1965) A theory of the allocation of time. **The Economic Journal** 75, 493-517.

Ben-Akiva, M. y Lerman, S. (1985) **Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand**. The MIT Press., Cambridge, Massachusetts.

Bhat, C. y Koppelman, F. (1993) A conceptual framework of individual activity program generation. **Transportation Research** 27 A, 433-446.

Biddle J. y Hamermesh, D. (1990) Sleep and the allocation of time. **Journal of Political Economy** 98, 922-943.

Bruzelius, N. (1979) **The Value of Travel Time**. Croom Helm, Londres.

Calderón, C. (1999) **La Elección Modal como Parte de la Asignación de Tiempo a Actividades**. Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.

Canavos, G. (1988) **Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos**. McGraw-Hill Interamericana de Mexico, S.A., Nuclapan de Juárez.

Collings, J. (1974) The value of leisure travel time. **Regional and Urban Economics** 4, 65-67.

Dalvi, Q. (1978) Economics theories of travel choice. En D. Hensher y Q. Dalvi (eds.): **Determinants of Travel Choice** Chapter 2. Saxon House, Farnborough.

Damm, D. y Lerman, S. (1981) A theory of activity scheduling behavior. **Environment and Planning** 13 A, 703-718.

De Donnea, F. (1971) Consumer behaviour, transport mode choice and value of time: some microeconomic models. **Regional And Urban Economics** 1, 355-382.

DeSerpa, A. (1971) A theory of the economics of time. **The Economic Journal** 81, 828-846.

DeSerpa, A. (1973) Microeconomic theory and the valuation of time: some clarification. **Regional and Urban Economics** 2, 401-410.

DICTUC-CADE (1991) **Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago.** Informe final a SECTRA, Santiago.

Evans, A. (1972) On the theory of the valuation and allocation of time. **Scottish Journal of Political Economy** 19, 1-17.

Fernandez, J. E. (1992) El valor subjetivo del tiempo: antecedentes y marco teórico para una investigación empírica. **Documento de Trabajo 63, Departamento de Ingeniería de Transporte,** Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Gaudry, M., Jara-Díaz, S. y Ortúzar, J. de D. (1989) Value of time sensitive to model specification. **Transportation Research** 23 B, 151-158.

Gaudry, M. y Wills, M. (1978) Estimating the functional form of travel demand models. **Transportation Reserach** 12 , 257-289.

GAUSS (1996) **Gauss: System and Graphics Manual.** Aptech Systems, Inc., Maple Valley.

Gonzales, R., M. (1997) The value of time: a theoretical review. **Transport Reviews** 17, 245-266.

Goodwin, P. (1983) Some problems in activity approaches to travel demand. En S.Carpenter y P.M. Jones (eds): **Recent Advances In Travel Demand Analysis**. Gower, Aldershot.

Graham, J. y Green, C. (1984) Estimating the parameters of a household production function with joint products. **The Review of Economics and Statistics** 66, 277-282.

Gronau, R. (1980) Home production-a forgotten industry. **The Review of Economics and Statistics** 62, 408-415.

Gronau, R. (1986) Home production-a survey. En Ashenfelter y Layard (eds.). **Handbook of Labor Economics** Vol.1. North Holland, Amsterdam.

Hamermesh, D. (1998) When we work. **American Economic Review** 88 (2), 321-325.

Hanson, S. y Hanson, P. (1981) The impact of married women’s employment on household travel patterns: a Swedish example. **Transportation** 10, 165- 183.

Hautzinger, H. (1981) Combines modeling of activity and trips patterns: a new approach to the generation problem. **Proceedings of the 9th PTRC Summer Annual Meeting, Seminar N,** Londres, Inglaterra.

Henderson, J. (1992) Peak shifting and cost-benefit miscalculations. **Regional Science and Urban Economics** 22, 103-121.

Hoffman, E. (1977) The deeper economics of sleeping: important clues toward the discovery of actvity x. **Journal of Political Economy** 85, 647-649.

Horowitz, J. (1985) Travel and location behavior: state of the art end research opportunities. **Transportation Research** 19 A, 441-453.

Huenupi, M. (1998) **Modelación Microeconómica de la Generación de Viajes Urbanos**. Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.

Jara-Díaz, S. (1994) A general micro-model of user's behavior: the basic issues. **7th International Conference on Travel Behavior, Valle Nevado, Chile, Conference Preprints** 1, 91- 103. También en J. de D. Ortuzar, D. .Hensher y S. Jara-Díaz (1998) **Travel Behavior Research: Updating the State of the Play.** Elsevier, Oxford.

Jara-Díaz, S. (1997) The goods / activities framework for discrete travel choices: indirect utility and value of time. **8th IATBR Meeting,** Austin, Texas.

Jara-Díaz, S. (1998) Time and income in travel demand towards a microeconomic activity framework: En: T. Gärling, T. Laitila, y K. Westin, (eds.)**Theoretical Foundations of Travel Choice Modelling**., 51-73. Elsevier, Oxford.

Jara-Díaz, S. y Farah, M. (1987) Transport demand and users' benefits with fixed income: the goods/leisure trade off revisited. **Transportation Research** 21 B, 165-170.

Jara-Díaz, S. y Guevara, C. (1999) On the subjective valuation of travel time savings. **Proceedings of the 27th European Transport Conference**, Cambridge, Inglaterra, 225 - 236.

Jara-Díaz, S. y Ortúzar, J. de D. (1986) Valor subjetivo del tiempo y el rol del ingreso en la especificación de la demanda por transporte. **Apuntes de Ingeniería** 24, 5-24.

Jara-Díaz, S., Galvez, T. y Vergara, C. (1999) Valoración social de la reducción de accidentes en carreteras a partir de percepciones subjetivas: metodología y aplicación. **Actas del Noveno Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**. Santiago, Chile, 17 –29.

Jara-Díaz, S., Martínez, F. y Zurita, I. (1994) A microeconomic framework to understand residential location. **Proceedings 22nd PRTC Summer Annual Meeting, Seminar G**, 115-127.

Johnson, M. (1966) Travel time and the price of leisure. **Western Economic Journal,** 8, 135-145.

Juster, F. (1990) Rethinking utility theory. **The Journal of Behavioral Economics** 19, 155-179.

Juster, F. y Stafforrd, F. (1991) The allocation of time: empirical findings, behavioral models, and problems of measurement. **Journal of Economic Literature** 29, 471-522.

Kitamura, R. (1984) A model of daily time allocation to discretionary out-of-home activities and trips. **Transportation Research** 18 B, 255-266.

Kitamura, R. (1988) An evaluation of activity-based travel analysis. **Transportation** 15, 9-34.

Kooreman, P. y Kaptein, A. (1987) A disaggregated analysis of the allocation of time within the household. **Journal of Political Economy** 95, 223-249.

Kraan, M. (1996) **Time to Travel? A Model for the Allocation of Time and Money**. Ph. D.Thesis. Department of civil engineering, University of Twenty, Amsterdam.

Lancaster, K. (1966) A new approach to consumer theory. **Journal of Political Economy** 74, 132-157.

Lu, X. y Pas, E. (1999) Socio-demographics, activity participation and travel behavior. **Transportation Reserach** 33 A, 1-18.

Luenberger, D. (1989) **Programación Lineal y No Lineal**. Addison-Wesley/Iberoamericana, S.A., Wilmington, Delaware.

Mahamassani, H., Kostyniuk, L., Harten, D., Jones, P., Hanson, S. y Koppelman, F. (1988) Some comments on activity-based approaches to the analysis and prediction of travel behavior. **Transportation** 15, 35-60.

Michael, R. y Becker, G. (1973) On the new theory of consumer behavior. **Swedish Journal of Economics** 75, 378-396.

Munski, K. (1993) Urban passenger travel demand estimation: a household activity approach. **Transportation Research** 27 A, 423-432.

Oort, O. (1969) The evaluation of travelling time. **Journal of Transport Economics and Policy** 3, 279-286.

Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L. (1994) **Modelling Transport**. John Willey and sons, Chichester.

Parra, R. (1988) **Valor Subjetivo del Tiempo en Modelos de Partición Modal con Efecto Ingreso**. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.

Pindick, R. y Rubinfield, D. (1980) **Modelos Econométricos.** Editorial Labor, Barcelona.

Pollak, R. y Watcher, M. (1975) The relevance of the household production function and its implications for the allocation of time. **Journal of Political Economy** 83, 255-277.

Recker, W., McNally, M. y Root, G. (1986) A model of complex travel behavior: part I-theoretical development. **Transportation Research** 20 A, 307-318.

Small, K. (1982) The scheduling of consumer activities: work trips. **The American Economic Review** 72, 467-479.

Small, K. (1992a) Trip scheduling in urban transportation analysis. **The American Economic Review** 82, 482-486.

Small, K. (1992b) **Urban Transportation Economics**. Harwood Academic Publisher, Luxemburgo.

Supernak, J. (1992) Temporal utility profiles of activities and travel: uncertainty and decision making. **Transportation Research** 26 B, 61-76.

Train, K. y McFadden, D. (1978) The goods/leisure trade off and disaggregate work trip mode choice models. **Transportation Research** 12, 349-353.

Troung, P. y Hensher, D. (1985) Measurement of the travel time values and opportunity cost from discrete-choice models. **The Economic Journal** 95, 438-451.

Troung, P. y Hensher, D. (1987) Measuring travel time values with a discrete choice model: a reply. **The Economic Journal** 97, 499-501.

Varian, H. (1992) **Microeconomic Analysis**, Norton Editors, Nueva York.

Wigan, M. y Morris, J. (1981) The transport implications of activity and time budget constraints. **Transportation Reserch** 15 A, 63-86.

Winston, G. (1987) Activity choice, a new approach to economic behavior. **Journal of Economic Behavior and Organization** 8, 567-585.

Zurita, I. (1996) **Un Enfoque Microeconómico para Entender y Modelar la Localización Residencial**. Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Santiago.

7 ANEXOS

DESCRIPCIÓN DE BANCOS DE DATOS

A continuación se describen los archivos de los bancos de datos desarrolladas por Calderón (1999) que fueron utilizadas en esta tesis.

Descripción del Archivo de Datos de Asignación de Tiempo a Actividades (Calderón, 1999)

Nvar	*Nombre*	*Descripción*	
1	NIND	Número correlativo que identifica al individuo 1 al Nésimo	
2	T1	Trabajo en lugar de trabajo	[hr]
3	T2	Estudio	[hr]
4	T3	Compras	[hr]
5	T4	Diligencias	[hr]
6	T5	Trabajo fuera lugar de trabajo	[hr]
7	T6	Actividades sociales	[hr]
8	T7	Actividades de salud	[hr]
9	T8	Otra	[hr]
10	T9	Viaje	[hr]
11	Tdisp	Tiempo disponible	[hr]

Descripción del Archivo de Datos de Partición Modal (Calderón, 1999)

Nvar	*Nombre*	*Descripción*
1	ZONA	Identificación de la zona de residencia del hogar
2	HOGAR	Identificación del hogar
3	VIAJE	Identificación del viaje
4	VIAJERO	Identificación del viajero
5	ZONA0	Zona origen del viaje
6	ZONA1	Zona destino del viaje
7	INGRESO	Código de Ingreso de 1 a 5
8	AUTOS	Número de autos
9	AUTLIC	Número de autos dividido por número de licencias
10	SEXO	Sexo; 0 si es mujer, 1 si es hombre
11	EDAD	Edad
12	LICENCIA	Licencia; 1 si tiene, 2 y 3 si no tiene
13	MODO	Modo escogido

Nvar	*Nombre*	*Descripción*	
14	DISP_01	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
15	DISP_02	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
16	DISP_03	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
17	DISP_04	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
18	DISP_05	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
19	DISP_06	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
20	DISP_07	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
21	DISP_08	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
22	DISP_09	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
23	DISP_10	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
24	DISP_11	Disponibilidad; 1:si lo tiene; 0: no lo tiene	
25	NSET	Número de Alternativas disponibles	
26	TVIA_01	Tiempo de viaje en el modo 1	[min]
27	TVIA_02	Tiempo de viaje en el modo 2	[min]
28	TVIA_03	Tiempo de viaje en el modo 3	[min]
29	TVIA_04	Tiempo de viaje en el modo 4	[min]
30	TVIA_05	Tiempo de viaje en el modo 5	[min]
31	TVIA_07	Tiempo de viaje en el modo 7	[min]
32	TVIA_08	Tiempo de viaje en el modo 8	[min]
33	TVIA_09	Tiempo de viaje en el modo 9	[min]
34	TVIA_10	Tiempo de viaje en el modo 10	[min]
35	TVIA_11	Tiempo de viaje en el modo 11	[min]
36	TCAM_03	Tiempo de caminata en el modo 3	[min]
37	TCAM_04	Tiempo de caminata en el modo 4	[min]
38	TCAM_05	Tiempo de caminata en el modo 5	[min]
39	TCAM_06	Tiempo de caminata en el modo 6	[min]
40	TCAM_07	Tiempo de caminata en el modo 7	[min]
41	TCAM_08	Tiempo de caminata en el modo 8	[min]
42	TCAM_09	Tiempo de caminata en el modo 9	[min]
43	TCAM_10	Tiempo de caminata en el modo 10	[min]
44	TCAM_11	Tiempo de caminata en el modo 11	[min]
45	TESP_03	Tiempo de espera en el modo 3	[min]
46	TESP_04	Tiempo de espera en el modo 4	[min]
47	TESP_05	Tiempo de espera en el modo 5	[min]
48	TESP_07	Tiempo de espera en el modo 7	[min]
49	TESP_08	Tiempo de espera en el modo 8	[min]
50	TESP_09	Tiempo de espera en el modo 9	[min]

Nvar	*Nombre*	*Descripción*	
51	TESP_10	Tiempo de espera en el modo 10	[min]
52	TESP_11	Tiempo de espera en el modo 11	[min]
53	COST_01	Costo total de viaje del modo 1	[$91]
54	COST_03	Costo total de viaje del modo 3	[$91]
55	COST_04	Costo total de viaje del modo 4	[$91]
56	COST_05	Costo total de viaje del modo 5	[$91]
57	COST_07	Costo total de viaje del modo 7	[$91]
58	COST_08	Costo total de viaje del modo 8	[$91]
59	COST_09	Costo total de viaje del modo 9	[$91]
60	COST_10	Costo total de viaje del modo 10	[$91]
61	COST_11	Costo total de viaje del modo 11	[$91]
62	EXCLUYE	Excluye = 0 si no se excluye, 1 si se excluye.	
63	ESTRATO	Estrato; 1 es del estrato 1; 2 es del estrato 2 y 3 si es del estrato 3.	
64	TRABAJO	Horas trabajadas al día	[hr]
65	NPER	Número de personas en el hogar	

Descripción de Clasificación por Ocupación Calderón (1999)

Estrato	*Descripción*
Estudiantes	Estudiantes
Trabajadores	Empresario o Profesional
	Trabajador por cuenta propia
	Empleados (excepto F.F.A.A.)
	Obreros
	Servicio doméstico
	Trabajador inestable
	F:F.A.A.
No Trabajadores	Jubilado
	Dueña de Casa
	Cesante o busca trabajo por primera vez
	No trabaja

Niveles de Ingreso Líquido Mensual (Calderón, 1999)

Estrato	*Código*	*Rango de Ingreso*	*Nivel Medio*	*Ingreso*
ESTRAUS 1993	*EOD 1991*	*[miles de $/mes]*	*[$/mes]*	*[$/min]*
1	1	0-41	20.500	1,79
2	2 y 3	41-110	75.750	6,60
3	4, 5 y 6	110-405	257.750	22,45
4	7	405-1000	702.550	61,20
5	8	Más de 1000	1.100.000	95,82
4 y 5	7 y 8	Más de 404	752.550	65,56

Conjunto de Elección de Modos (Calderón, 1999)

CMODO	*MODO*
1	Auto chofer
2	Auto acompañante
3	Bus
4	Taxi colectivo
5	Metro
6	Caminata
7	Taxi
8	Auto chofer - Metro
9	Auto acompañante - Metro
10	Bus – Metro
11	Taxi Colectivo – Metro

Tabla 4-20 Descripción de Archivo de Asignación de Tiempo a Actividades, Calderón (1999)

Nvar	*Nombre*	*Descripción*
1	NIND	Número correlativo que identifica al individuo i-ésimo
2	T1	Trabajo en el lugar de trabajo (hrs.)
3	T2	Estudio (hrs.)
4	T3	Compras (hrs.)
5	T4	Diligencias (hrs.)
6	T5	Trabajo fuera del lugar de trabajo (hrs.)

7	T6	Actividades sociales (hrs.)
8	T7	Actividades de salud (hrs.)
9	T8	Otra (hrs.)
10	T9	Viaje (hrs.)
11	T10	Tiempo disponible (hrs.)

El establecimiento de los criterios para la eliminación de registros de la muestra disponible significó una reducción substancial en su tamaño, que es cuantificada en la siguiente tabla.

Síntesis del Efecto de Criterios de Eliminación de Registros

Criterio de Eliminación de Registros	*Registros Eliminados*	*Registros Restantes*
Banco de datos utilizado por Calderón (1999)		2666
Eliminación de Estudiantes y No Trabajadores	1521	1145
Sólo patrón EH-VI-ET-VV	145	1000
Sólo nivel de ingreso 3-4-5	598	402
Otros	36	366

VERIFICACIÓN DE CRITERIOS DE DISPONIBILIDAD DE MODO

Se detectó un posible problema en el banco de datos de partición modal desarrollada por DICTUC-CADE (1991) en cuanto a los criterios de disponibilidad de modos utilizados, en especial con respecto al modo Taxi Colectivo el que se encontraría disponible para un 99% de los viajes, lo que resulta intuitivamente incorrecto. Para evaluar el efecto de este posible problema en los resultados obtenidos en esta tesis, se re-estimó el modelo de partición modal eliminando los registros asociados al modo Taxi Colectivo (con nueve registros) y Taxi Colectivo Metro (4 registros), obteniéndose los siguientes resultados.

Coeficientes y Estadígrafos del Modelo de Partición Modal sin TXC

Variables	*Parámetro*	*(t-est)*
α^{t}_{Medio}	-6,56E-02	-(4,60)
α^{t}_{Alto}	-9,77E-02	-(4,00)
α^{c}_{Medio}	-3,92E-03	-(4,20)
α^{c}_{Alto}	-2,15E-03	-(2,30)
Constantes Modales		
ACH	0,3919	(1,40)
AAC	2,11	(1,90)
MET	-0,4181	-(1,20)
CAM	0,7069	(1,80)
TXI	-0,7005	-(1,30)
B-M	-2,285	-(4,30)
TCM	-2,427	-(4,60)
Coeficientes de Ajuste		
$L(\theta)$	-229,0228	
$L(C)$	-301,7707	
ρ^2	0,24	
LR(C)	145,50	observ
χ^2 $95\%_{2\,gl}$	5,99	357
VST	Medio	Alto
	16,7	45,5

Coeficientes y Estadígrafos del Modelo de Partición Modal sin TXC ni TCM

Variables	*Parámetro*	*(t-est)*
$\alpha^{t}{}_{Medio}$	-7,23E-02	-(4,70)
$\alpha^{t}{}_{Alto}$	-0,1012	-(4,00)
$\alpha^{c}{}_{Medio}$	-4,10E-03	-(4,20)
$\alpha^{c}{}_{Alto}$	-2,24E-03	-(2,30)
Constantes Modales	Modales	
ACH	0,3173	(1,10)
AAC	2,012	(1,80)
MET	-0,3804	-(1,10)
CAM	0,8106	(2,00)
TXI	-0,6804	-(1,30)
B-M	-2,279	-(4,30)
Coeficientes de Ajuste		
$L(\theta)$	-210,6214	
$L(C)$	-283,9077	
ρ^2	0,26	
LR(C)	146,57	observ
χ^2 $95\%_{2\ gl}$	5,99	353
VST	Medio	Alto
	17,63	45,28

De esta forma, se concluye que de existir el problema de definición de criterios de disponibilidad para el modo Taxi Colectivo, éste no altera significativamente los resultados obtenidos en esta tesis ya que, al estimar un modelo donde no se consideran los registros asociados a este modo, los resultados para el Valor subjetivo del tiempo y los parámetros del tiempo y el costo de viajes, resultan estadísticamente iguales a los obtenidos con el modelo que considera todos los modos.

SÍNTESIS DE RESULTADOS TEÓRICOS DEL CAPÍTULO CUATRO

Enfoque	Modelos Econométricos		Resultados	
	De Actividades	De elección discreta	Razón entre parámetros	Valor del Tiempo
Kräan			$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W}=\frac{T_{vi}}{T_W};\quad \frac{\theta_{vv}}{\theta_W}=\frac{T_{vv}}{T_W};\quad \frac{\theta_{Th}}{\theta_W}=\frac{T_h}{T_W}$	
Becker	$w=B\frac{1}{(\tau-T_W)}-$ $-A\frac{\tau}{T_W(\tau-T_W)}+\varepsilon$		$\frac{\theta_h}{\theta_W}=H_h\left(\frac{B}{A}-1\right)$ $H_h=\frac{\theta_h}{\theta_h+\theta_{vi}+\theta_{vv}}=\frac{1}{1+\frac{T_{vi}}{T_h}+\frac{T_{vv}}{T_h}}$ $\frac{\theta_{vi}}{\theta_W}=\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{T_{vi}}{T_h}\quad \frac{\theta_{vv}}{\theta_W}=\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{T_{vv}}{T_h}$	$VST_{RECURSO}=\frac{\mu}{\lambda}=w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W-\theta_W T_h}\right)$ $\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda}=\frac{\mu}{\lambda}-w$
DeSerpa	$w=B'\frac{1}{(\tau-T_{vi}-T_{vv}-T_W)}-$ $-A\frac{\tau-T_{vi}-T_{vv}}{T_W(\tau-T_{vi}-T_{vv}-T_W)}+$	$V_{vi}^j\approx\alpha_{vi}^j-\alpha_{vi}^t t_{vi}^j-\alpha_{vi}^j c_{vi}^j$ $V_{vv}^j\approx\alpha_{vv}^j-\alpha_{vv}^t t_{vv}^j-\alpha_{vv}^j c_{vv}^j$	$\frac{\theta_h}{\theta_W}=\frac{B'}{A}-1$ $\frac{\theta_{vi}}{\theta_W}=T_{vi}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H}-\frac{VST_{AHORRO\_vi}}{A}\right)$ $\frac{\theta_{vv}}{\theta_W}=T_{vv}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H}-\frac{VST_{AHORRO\_vv}}{A}\right)$	$VST_{RECURSO}=\frac{\mu}{\lambda}=w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W-\theta_W T_h}\right)$ $\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda}=\frac{\mu}{\lambda}-w$ $VST_{AHORRO\_vi}=\frac{\alpha_{vi}^t}{\alpha_{vi}^c}$ $VST_{AHORRO\_vv}=\frac{\alpha_{vv}^t}{\alpha_{vv}^c}$ $\frac{\partial U/\partial T_{VI}}{\lambda}=VST_{AHORRO\_vi}-\frac{\mu}{\lambda}$ $\frac{\partial U/\partial T_{VV}}{\lambda}=VST_{AHORRO\_vv}-\frac{\mu}{\lambda}$

Enfoque	Modelos Econométricos		Resultados	
	De Actividades	De elección discreta	Razón entre parámetros	Valor del Tiempo
DeSerpa Extendido	$w = B'\frac{1}{\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)} - A\frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{T_W\left(\tau - T_{vi} - T_{vv} - T_W\right)} +$	$V_{vi}^j \approx \alpha_{vi}^j - \alpha_{vi}^t t_{vi}^j - \alpha_{vi}^j c_{vi}^j$ $V_{vv}^j \approx \alpha_{vv}^j - \alpha_{vv}^t t_{vv}^j - \alpha_{vv}^j c_{vv}^j$ $V_k^j \approx \alpha_k^j - \alpha_k^X X^{MIN}{}_k^j - \alpha_k^P P_k X_k^j$	$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W} = T_{vi}\left(\begin{array}{l} \frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vi}}{A} + \\ \frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{A} \\ + \sum_k \frac{\Psi_k}{\lambda}\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_{vi}} \end{array}\right)$ $\frac{\theta_{vv}}{\theta_W} = T_{vv}\left(\begin{array}{l} \frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H} - \frac{VST_{AHORRO\_vv}}{A} + \\ + \frac{\tau - T_{vi} - T_{vv}}{A}\sum_k \frac{\Psi_k}{\lambda}\frac{\partial g_k(T)}{\partial T_{vv}} \end{array}\right)$ $\frac{\theta_h}{\theta_W} = \frac{B'}{A} - 1$	$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} = w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W - \theta_W T_h}\right)$ $\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - w$ $VST_{AHORRO\_vi} = \frac{\alpha_{vi}^t}{\alpha_{vi}^c}$ $VSB_{AHORRO\_K} = \frac{\Psi_K}{\lambda} = \frac{\alpha_K^X}{\alpha_K^P}$ $\frac{\partial U/\partial T_{vi}}{\lambda} = VST_{AHORRO\_vi} - VST_{RECURSO} - B_{vi}$
Trabajo Fijo	$w_c = B''\frac{1}{\left(\tau - T_c - T_W\right)} - A''\frac{\tau - T_W}{T_W\left(\tau - T_c - T_W\right)} + \varepsilon$	$V_W^j \approx \alpha_W^j - \alpha_W^T T^{MIN}{}_W^j - \alpha_W^I I_{f\,W}^{\,j}$	$\frac{\theta_h}{\theta_c} = H_h\left(\frac{B''}{A''} - 1\right)$ $\frac{\theta_{vi}}{\theta_c} = \frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{T_{vi}}{T_h} \quad \frac{\theta_{vv}}{\theta_c} = \frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{T_{vv}}{T_h}$ $\frac{\theta_W}{\theta_c} = T_W\left(\frac{\theta_h}{\theta_c}\frac{1}{T_h} - \frac{VST_{AHORRO\_W}\left(\tau - T_W\right)}{A}\right)$	$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} = w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W - \theta_W T_h}\right)$ $\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - w$ $VST_{AHORRO\_W} = \frac{K_W}{\lambda} = \frac{\alpha_W^T}{\alpha_W^I}$ $\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda} = VST_{AHORRO\_W} - VST_{RECURSO}$

Nota: los resultados para la razón entre las utilidades marginales puede obtenerse, en todos casos, de la razón de los parámetros respectivos utilizando la expresión (4.30).

CÁLCULO DE VARIANZAS

Para calcular la varianza (y por lo tanto el t-est) de funciones de parámetros estimados se utilizó un método definido en Jara Díaz, Ortúzar y Parra (1992) que consiste en hacer una aproximación de Taylor de primer orden de la función de las variables en torno a su esperanza para luego elevar todo al cuadrado y tomar las esperanzas. Los resultados para las varianzas de las expresiones deducidas para los modelos Becker y DeSerpa se presenta a continuación.

Varianzas modelo Becker

Fórmula	*Varianza*
$\frac{\theta_h}{\theta_W} = H_h\left(\frac{B}{A}-1\right)$	$(H_h)^2 VAR\left(\frac{B}{A}\right)$, donde $VAR\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{VAR(B)}{A^2} + \frac{B^2}{A^4}VAR(A) - 2\operatorname{cov}(A,B)\frac{B}{A^3}$
$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W} = \frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{T_{vi}}{T_h}$	$\left(\frac{T_{vi}}{T_h}\right)^2 VAR\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\right)$
$\frac{\theta_{vv}}{\theta_W} = \frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{T_{vv}}{T_h}$	$\left(\frac{T_{vv}}{T_h}\right)^2 VAR\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\right)$
$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda} = w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W - \theta_W T_h}\right)$	$\left(w\frac{T_h}{T_W}\right)^2 \left(\frac{1}{\left(1-\frac{\theta_W}{\theta_h}\right)\frac{\theta_h}{\theta_W}}\right)^4 VAR\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\right)$
$\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - w$	$VAR\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)$
$\frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}} = \frac{T_W^{Alto}}{T_W^{Medio}}\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\Big/\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)$	$\left(\frac{T_W^{Alto}}{T_W^{Medio}}\right)^2 \left(\frac{VAR\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)^2} + \frac{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\right)^2 VAR\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)^4}\right)$

Varianzas modelo DeSerpa

Fórmula	*Varianza*
$\frac{\theta_h}{\theta_W}=\frac{B}{A}-1$	$VAR\left(\frac{B}{A}\right)=\frac{VAR(B)}{A^2}+\frac{B^2}{A^4}VAR(A)-2\operatorname{cov}(A,B)\frac{B}{A^3}$
$VST_{RECURSO}=\frac{\mu}{\lambda}=w\left(\frac{\theta_h T_W}{\theta_h T_W-\theta_W T_h}\right)$	$\left(w\frac{T_h}{T_W}\right)^2\left(\frac{1}{\left(1-\frac{\theta_W}{\theta_h}\right)\frac{\theta_h}{\theta_W}}\right)^4 VAR\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\right)$
$\frac{\partial U/\partial T_W}{\lambda}=\frac{\mu}{\lambda}-w$	$VAR\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)$
$VST_{AHORRO\_vi}=\frac{\alpha_{vi}^t}{\alpha_{vi}^c}$	$VAR\left(\frac{\alpha_{vi}^t}{\alpha_{vi}^c}\right)=\frac{VAR(\alpha_{vi}^t)}{{\alpha_{vi}^c}^2}+\frac{{\alpha_{vi}^t}^2}{{\alpha_{vi}^c}^4}VAR(\alpha_{vi}^c)-2\operatorname{cov}(\alpha_{vi}^c,\alpha_{vi}^t)\frac{\alpha_{vi}^t}{{\alpha_{vi}^c}^3}$
$\frac{\partial U/\partial T_{VI}}{\lambda}=VST_{AHORRO\_vi}-\frac{\mu}{\lambda}$	$VAR(VST_{AHORRO\_vi})+VAR\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)$
$\frac{\theta_{vi}}{\theta_W}=T_{vi}\left(\frac{\theta_h}{\theta_W}\frac{1}{T_H}-\frac{VST_{AHORRO\_vi}}{A}\right)$	$\left(\frac{T_{vi}}{T_h}\right)^2\left(\frac{VAR(B)}{A^2}+\frac{(B-T_h VST)^2}{A^4}VAR(A)+\left(\frac{T_h}{A}\right)^2 VAR(VST)-2\frac{(B-T_h VST)}{A^3}\operatorname{cov}(A,B)\right)$
$\frac{\lambda_{Medio}}{\lambda_{Alto}}=\frac{T_W^{Alto}}{T_W^{Medio}}\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\Big/\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)$	$\left(\frac{T_W^{Alto}}{T_W^{Medio}}\right)^2\left(\frac{VAR\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)^2}+\frac{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Alto}}{\lambda}\right)^2 VAR\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\partial U/\partial T_W^{Medio}}{\lambda}\right)^4}\right)$

MODELO DESERPA CON 6 HORAS PARA NECESIDADES BIOLÓGICAS

Tal como se explicó en el capítulo cuatro, es posible plantear un modelo del tipo DeSerpa más apegado a la realidad, tomando en consideración el hecho que no todo el tiempo de permanencia en el hogar es de libre disposición. En efecto, buena parte del tiempo asignado a estar en el hogar (EH) sería asignado a satisfacer ciertas "necesidades biológicas", como dormir, bañarse o vestirse, a las que probablemente se asigne el mínimo tiempo requerido.

Si bien no se dispone de datos sobre el tiempo asignado a necesidades biológicas, es posible plantear un modelo en el cual el se consideraron 16 (y no 24) horas de tiempo disponible, es decir, donde se asume una asignación de 6 horas para satisfacer necesidades biológicas, homogénea entre los individuos. Los resultados obtenidos en este caso se detallan en los siguientes cuadros

Parámetros y estadígrafos del modelo tipo DeSerpa con 16 horas disponibles

Estrato	*Medio*	*Alto*
A	-2779,05	-6681,36
(t-est)	-(37,0)	-(24,14)
B	-2254,39	-4780,60
(t-est)	-(7,9)	-(5,7)
R^2 ajustado	0,77	0,84
Observaciones	294	72

Razón entre UMI por estrato, modelo DeSerpa con 16 horas disponibles

	$\lambda_{Medio}/\lambda_{Alto}$
Modelo de asignación	1,969
(t-est)	(14,2)
$\alpha^c{}_{Medio}/\alpha^c{}_{Alto}$	1,932
(t-est)	(2,0)

Razón entre parámetros modelo DeSerpa con 16 horas disponibles

	θ_h / θ_W	θ_{vi} / θ_W
	-0,21	0,14
(t-est)	-(2,7)	(4,5)

Resultados para el modelo DeSerpa, por estrato de ingreso con 16 horas disponibles

($1991/min)	*Medio*	*Alto*
W	12,70	25,12
$VST_{RECURSO} = \frac{\mu}{\lambda}$	1,74	3,34
(t-est)	(3,2)	(3.1)
$\frac{\partial U / \partial T_W}{\lambda}$	-10,95	-21,78
(t-est)	-(19,8)	-(20,5)
$VST_{AHORRO} = \frac{K_{vi}}{\lambda}$	16,22	47,09
(t-est)	(4,3)	(2,1)
$\frac{\partial U / \partial T_{vi}}{\lambda}$	-14,48	-43,75
(t-est)	(-3,8)	(-2,0)

Si se comparan estos resultados con los de la Tabla 4-16, se observa que la única diferencia considerable está en el valor del tiempo como recurso, que es la mitad del calculado para 24 horas disponibles, pero los signos de todos los parámetros son los mismos y los órdenes de magnitud de los otros valores del tiempo son estadísticamente iguales.