



Estudio Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones

Marco Metodológico

29 de marzo de 2021

Para el Ministerio de Desarrollo Social y Familia

INDICE

1	Introducción	1
2	Estudios Nacionales del Valor del Tiempo Basados en Trabajo de Campo	3
2.1	Suiza	3
2.2	Dinamarca	7
2.3	Suecia	11
2.4	Noruega (2007-2010).....	14
2.5	Holanda	17
2.6	Alemania	21
2.7	Reino Unido	24
2.8	Noruega (2018-20).....	35
2.9	Nueva Gales del Sur (Australia)	39
2.10	Discusión	39
3	Revisión de Valores del Tiempo en Países sin Estudios Nacionales.....	55
3.1	Australia	55
3.2	Corea del Sur	56
3.3	EE.UU.	59
3.4	España	63
3.5	Francia.....	71
3.6	Nueva Zelanda	76
3.7	Conversaciones con Expertos Internacionales	79
4	Estudios Chilenos sobre Valor del Tiempo y Otros Temas Destacados	85
4.1	Actualización Valor Social del Tiempo en Proyectos de Vialidad Interurbana	85
4.2	Actualización Valor Social del Tiempo de Viajes Interurbanos.....	87
4.3	Valor Social del Tiempo de Pasajeros Interurbanos con Nuevas Formulaciones de Modelos de Demanda.....	88
4.4	Valor del Tiempo de Ocio.....	90
4.5	Análisis Valor Social del Tiempo Urbano Diferenciado por Modo	91

4.6	Valor Social del Tiempo de Viaje Urbano - Enfoque de Disponibilidad a Pagar	92
4.7	Valor del Tiempo Urbano con Datos de PR y Nivel de Servicio Agregado.....	94
4.8	Algunos Avances Interesantes en Estudios Chilenos.....	95
5	El Valor del Tiempo de Viaje: Aspectos Teóricos y Empíricos.....	101
5.1	Elección y Asignación de Tiempo a Actividades	101
5.2	Estimación del Valor del Tiempo de Viaje	103
5.3	Modelación de la Variabilidad en los Tiempos de Viaje	110
5.4	Valor del Tiempo de Viaje en Vehículo según Estado del Tráfico	110
5.5	Valor del Tiempo y Hacinamiento	111
5.6	Datos para la Estimación del Valor del Tiempo de Viaje	114
5.7	Valor del Tiempo de Viaje por Propósito Negocios	115
5.8	Valor del Tiempo de Viaje y Características de los Usuarios	116
5.9	Valor Social del Tiempo de Viaje.....	117
6	Marco Metodológico para un Estudio Nacional del Tiempo de Viaje	121
6.1	Características Principales Estudios Nacionales de Valor del Tiempo.....	121
6.2	Lineamientos para un Estudio Nacional del Valor del Tiempo.....	123
	Bibliografía.....	128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Suiza - Distribución porcentual de viajes muestra vs censo nacional de viajes	4
Tabla 2: Suiza - Valores del tiempo según ingreso promedio y elasticidades.....	6
Tabla 3: Suiza - Valores del tiempo de viaje poblacionales.....	7
Tabla 4: Dinamarca – Tamaños de muestra	8
Tabla 5: Dinamarca – Valor del tiempo de viaje según modo/propósito (DKK/hr)	10
Tabla 6: Dinamarca - Valores del Tiempo para evaluación social de proyectos	12
Tabla 7: Suecia – Valores del tiempo de viaje estimados	14
Tabla 8: Noruega – Valores del tiempo de viajes cortos	15
Tabla 9: Noruega – Multiplicador de valores del tiempo de viajes cortos.....	15
Tabla 10: Noruega – Valores del tiempo de viajes largos	16
Tabla 11: Noruega – Multiplicador de Valores del tiempo de viajes largos.....	16
Tabla 12: Noruega – Multiplicador valor del tiempo en relación a variabilidad.....	17
Tabla 13: Noruega – Valores asociados a la comodidad durante el viaje	17
Tabla 14: Holanda – Ejemplo de ejercicio de preferencias declaradas.....	19
Tabla 15: Holanda – VTV ponderado según tiempo y factor de expansión (EUR/hr).....	20
Tabla 16: Holanda – Valor de la confiabilidad (EUR/hr)	20
Tabla 17: Alemania – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas I	22
Tabla 18: Alemania – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas II	23
Tabla 19: Alemania – Valores del tiempo de viaje	24
Tabla 20: Reino Unido – Encuestas realizadas por segmento.....	25
Tabla 21: Reino Unido - Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas I	26
Tabla 22: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas II	27
Tabla 23: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas III	27
Tabla 24: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas IV	28
Tabla 25: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas V	28
Tabla 26: Reino Unido - Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas VI	29

Tabla 27: Reino Unido – Valor social del tiempo, proyectos de pequeña y mediana escala (£/hr).....	32
Tabla 28: Reino Unido – Multiplicadores VTV por motivo de viaje, modo auto.....	32
Tabla 29: Reino Unido – Multiplicadores VTV por motivo de viaje, modo bus	33
Tabla 30: Reino Unido - Multiplicadores VTV por motivo, otros modos transporte público	34
Tabla 31: Reino Unido - Multiplicadores VTV por motivo de viaje, tren.....	35
Tabla 32: Personas encuestadas por modo.....	36
Tabla 33: Valor del tiempo auto, por propósito y banda de distancia (NOK/hr)	38
Tabla 34: Valor del tiempo transporte público, por propósito y distancia (NOK/hr)	38
Tabla 35: Nueva Gales del Sur – Valores del tiempo de viaje (AUD 2015/hr)	39
Tabla 36: Propósitos para los que se reporta VTV en estudios nacionales.....	44
Tabla 37: Tamaño de muestra, método de reclutamiento y vía de respuesta	47
Tabla 38: Estimación VTV en estudios nacionales por rango de distancia	50
Tabla 39: Valor del tiempo por motivo habitual, auto (en monedas nacionales)	54
Tabla 40: Sur Corea – VTV para viajes de trabajo.....	57
Tabla 41: Sur Corea – VTV para viajes de no trabajo (KRW/persona·hr)	58
Tabla 42: Sur Corea - VTV promedio para cada modo (viajes interregionales)	58
Tabla 43: Sur Corea – VTV promedio para cada modo (Seúl)	59
Tabla 44: EE.UU. – Valor del tiempo de viaje como % de los ingresos	63
Tabla 45: EE.UU. – Valor del tiempo de viaje	64
Tabla 46: España – Tamaño de muestra para los distintos modos	66
Tabla 47: España – Expresiones matemáticas para las funciones de DAP	70
Tabla 48: España – Valores del tiempo de viaje	71
Tabla 49: Francia – Valor del tiempo para viajes urbanos, todos los modos (EUR/hr).....	73
Tabla 50: Francia – Valores del tiempo interurbanos (Euros/hr).....	74
Tabla 51: Francia – Tiempos de espera, caminata y transbordo.....	75
Tabla 52: Francia – Multiplicadores del tiempo en TP basados en factores de carga	76

Tabla 53: FDC - Valor social del tiempo de viaje por modo	86
Tabla 54: FDC - Valor social del tiempo de viaje por propósito-temporada	86
Tabla 55: FDC - Valor social del tiempo de viaje para vehículos de pasajeros.....	87
Tabla 56: CIPRES - Valor social del tiempo de pasajeros (\$ Febrero 2010).....	88
Tabla 57: EBC Ing. 2012 – Valores sociales del tiempo (\$/hr).....	89
Tabla 58: EBC Ing. 2012 – Valor social del tiempo por tipo de vehículo (\$/hr).....	90
Tabla 59: EBC Ing. 2014 – Valor del tiempo según modelo	93
Tabla 60: Batarce 2017 – Valores del tiempo de viaje	95
Tabla 61: Multiplicadores del valor del tiempo según el estado del tráfico	112
Tabla 62: Ejemplo de escenario de elección de PD.....	114

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Diagrama de flujo del proceso de los estudios de campo.....	52
Ilustración 2: China – Valor del tiempo de viaje en función del ingreso.....	82
Ilustración 3: Densidad de pasajeros y figuras para ilustrar el nivel de hacinamiento.....	99
Ilustración 4: Multiplicadores de hacinamiento para pasajeros sentados y de pie.....	112

Marco Metodológico para la Realización de un Estudio Nacional sobre Valor del Tiempo de Viaje Basado en Trabajo de Campo y Modelación de Punta

1 Introducción

Este documento corresponde a la tercera entrega del **Estudio Valor Social del Tiempo de Viaje en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones** realizado por DICTUC S.A. para el Ministerio de Desarrollo Social y Familia (MDSF).

El objetivo de esta tercera entrega es generar el marco metodológico para la elaboración de un *Estudio Nacional sobre Valor del Tiempo de Viaje*. El informe se elaboró a partir de la revisión bibliográfica que constituyó la primera entrega de esta consultoría y se organiza en cinco secciones o capítulos.

La segunda sección resume la revisión de *Estudios Nacionales de Valor del Tiempo de Viaje* basados en trabajo de campo, destacando sus elementos de relevancia y discutiendo los temas transversales a todos ellos. La tercera sección describe otros estudios nacionales sobre el valor del tiempo, pero que no fueron basados en un trabajo de campo.

La cuarta sección pasa revista a estudios chilenos sobre el valor social del tiempo y otras investigaciones destacadas que pueden constituir un aporte para un futuro estudio nacional, incluyendo material aportado por la Mesa Técnica Interministerial.

La quinta sección presenta la teoría del valor del tiempo de viaje y las metodologías microeconómicas que se utilizan para estimarlo. Esta sección también considera la fundamentación teórica para la inclusión de nuevas variables que son valoradas en la práctica actual de estudios nacionales del valor del tiempo de viaje basados en trabajo de campo. Estas incluyen el valor de la confiabilidad, y atributos relacionados con el hacinamiento y las condiciones de tráfico.

La sexta y última sección entrega el marco metodológico que debiera guiar el futuro estudio nacional sobre el valor del tiempo de viaje.

Temas no abordados en el desarrollo del marco metodológico

En función del contrato firmado entre DICTUC S.A. y el MDSF, y el documento de alcance del estudio elaborado por el MDSF en conjunto con el consultor y la contraparte técnica interministerial (Anexo 1), se ha especificado un conjunto de temas que no serán abordados en esta consultoría y que, por ende, no forman parte de este informe:

- Valor del tiempo de viaje de la carga. Este tema puede ser, incluso, de mayor complejidad que el estudio del valor del tiempo de viaje de pasajeros y, por lo tanto,

amerita ser abordado de forma independiente o como parte de un proyecto de mayor envergadura.

- Aplicación del valor del tiempo de viaje de pasajeros en evaluación social de proyectos en zonas extremas. Los proyectos de transporte para zonas extremas se analizan normalmente bajo un enfoque de costo-eficiencia; por lo tanto, el valor del tiempo de viaje pierde relevancia. En estos casos, además, las variables geo-políticas y geo-estratégicas cobran una dimensión especial, y ello debe ser analizado y estudiado por especialistas en la materia.
- Dentro del análisis del valor del tiempo de viaje de pasajeros, los modos acuáticos no serán contemplados de manera específica en esta consultoría y tampoco serán considerados en la Etapa 2 del futuro *Estudio Nacional del Valor del Tiempo*. Esto se decidió a partir de la información aportada por la Mesa Interministerial y en conjunto con el mandante.
- La literatura sobre la percepción y valor del tiempo es muy variada, y ha sido cubierta desde diferentes disciplinas. La revisión bibliográfica realizada, solo consideró el enfoque desde las áreas de la economía de transporte, ingeniería de transporte e investigación de mercado. Por otro lado, aún restringiéndonos a estas tres áreas o disciplinas, el volumen de las investigaciones realizadas es muy amplio. Así, el enfoque se circunscribió al estado del arte en materia de estudios de alcance nacional, más investigaciones que la Mesa Interministerial, el MDSF y DICTUC S.A. consideraron destacadas. Esto, claramente, limitó el alcance de la revisión bibliográfica, pero por otro lado permitió concentrar los esfuerzos en lo que se considera el *estado del arte* en materia de estimación del valor del tiempo de viaje para su aplicación en evaluación social de proyectos.

2 Estudios Nacionales del Valor del Tiempo Basados en Trabajo de Campo

En esta sección se revisan los *Estudios Nacionales* sobre valor del tiempo de viaje basados en la realización de una encuesta *ad hoc*, a partir de los que se arriba a recomendaciones y/o valores para ser utilizados en la evaluación social de proyectos de transporte a nivel nacional. Estos *Estudios Nacionales* son encargados y financiados por alguna autoridad oficial. Existen también estudios nacionales sobre el valor del tiempo de viaje que no están basados en una encuesta *ad hoc*. Estos no son revisados en esta sección, dado que sus objetivos no consisten en generar recomendaciones y valores a partir de datos primarios, sino en adoptar recomendaciones y valores a partir del re-análisis de datos disponibles, de la transferencia de valores internacionales o de la realización de algún estudio de meta-análisis. Revisaremos estos estudios en la sección 3.

Los países que cuentan con Estudios Nacionales sobre el valor del tiempo de viaje, realizados en los últimos 20 años, son Alemania, Dinamarca, Holanda, Noruega, el Reino Unido, Suecia y Suiza (2002). También tenemos registro de dos estudios contratados por el Estado de Nueva Gales del Sur, Australia, para determinar el valor del tiempo de viaje. Estos estudios se reportan a continuación en orden histórico de realización.

2.1 Suiza

- Este estudio se realizó en el año 2002 y estuvo a cargo del *Institute of Transport Planning and Systems* (IVT), ETH Zurich y Rapp Trans AG, Zurich. Las dos referencias en que se basa esta sección son König y Axhausen (2003) y Axhausen et al. (2008).

Tamaño muestral y método de recolección de información

- El cálculo del valor del tiempo de viaje se basó en dos juegos de encuestas de preferencias declaradas (PD) respondidas por personas, reclutadas telefónicamente.
- Las personas debían reportar un viaje y en base a este se procedía con la selección de los encuestados en función de cuotas¹ por modo de transporte, propósito de viaje y longitud de viaje. No se explica el criterio para determinar las cuotas, más allá de la mención de la sobrerrepresentación de viajes catalogados como “raros” por los autores. Por ejemplo, según el censo de viajes nacionales del año 2000, solo 1,3 % de los viajes en Suiza superaba los 100 km, pero la encuesta reclutó 12,7% de personas con viajes en esta categoría. A modo de ejemplo, puede considerarse la Tabla 1.

¹ Por cuota se entiende un número mínimo de encuestas a usuarios pertenecientes a un estrato específico. Estos estratos pueden estar definidos a partir de variables demográficas y/o modos de transporte.

Tabla 1: Suiza - Distribución porcentual de viajes muestra vs censo nacional de viajes

Distancia km	Propósito				
Muestra	Viajes Habituales	Compras	Negocios	Ocio	Total
<5	22	29,2	1,3	14,1	18,5
5–10	15,9	25	2,6	7,3	13
10–20	22	23,7	6,5	11,5	16,7
20–30	15,7	13,1	9,1	11,3	12,8
30–50	14,3	5,5	14,3	14,6	12,7
50–75	5,5	2,1	14,3	10,2	7,5
75–100	2,7	0,4	7,8	10,4	6
>100	1,9	0,8	44,2	20,6	12,7
Censo Nacional de Viajes (año 2000)					
<5	60,1	73,5	56,5	60,6	62,7
5–10	15,9	13,1	15,5	14,8	14,9
10–20	12,6	7,9	11,7	11	10,9
20–30	4,8	2,5	5,2	4,9	4,4
30–50	4	1,6	4,4	3,8	3,5
50–75	1,3	0,7	2,2	2	1,5
75–100	0,6	0,3	1,5	1,2	0,8
>100	0,7	0,4	2,9	1,8	1,3

Fuente: Axhausen et al. (2008)

- En función de las características del viaje reportado en el contacto telefónico, se diseñaba la encuesta de PD que era enviada entre siete y 25 semanas más tarde.
- La tasa de respuesta final fue 53%, esto es, 1.191 individuos completaron la encuesta. De estos, 682 reportaron un viaje en automóvil y 509 un viaje en transporte público. La encuesta recabó un número pequeño de viajes por propósito trabajo o negocios.

Diseño de la encuesta

- El primer juego de PD consistía en una elección modal entre automóvil y bus, o automóvil y tren, y el segundo juego, en una elección de ruta. Los usuarios que reportaban el uso de vehículo privado, debían responder ejercicios de elección de ruta tanto para vehículo privado como para modos de transporte público. Los usuarios de transporte público respondían ejercicios de elección de ruta y, si contaban con una licencia de conducir, también respondían elecciones de ruta en transporte privado.
- Se realizó un tercer juego de PD sobre elección de destino para un paseo de compras, pero los resultados obtenidos - en materia de valor del tiempo de viaje - resultaron muy altos, y no pudieron ser reconciliados con los valores estimados en los otros juegos de PD; por lo tanto, no formaron parte del análisis.

- Desde el punto de vista del diseño experimental, un avance de este estudio fue la inclusión de elecciones modales. En efecto, la tradición europea sobre estudios de valor del tiempo de viaje en los años 80 y 90, sólo consideraba encuestas PD de elección de ruta para el modo reportado por la persona encuestada.
- En cuanto al diseño estadístico, se utilizó la técnica de diseño ortogonal que hoy ya está superada por los *diseños eficientes* (Ortúzar y Willumsen, 2011, Cap 3).
- Las variables de diseño (o atributos) fueron costo de viaje, tiempo de viaje, tiempo entre servicios de transporte público y número de transbordos. El tiempo de viaje para automovilistas fue desglosado en tiempo de viaje con congestión y tiempo de viaje a flujo libre².
- No se hizo un tratamiento especial de los viajes por motivo trabajo.
- A partir de los juegos de PD 1 y 2, se obtuvo 15.870 respuestas o elecciones.

Modelación y resultados

- Se utilizó formulaciones no lineales que permitieron estudiar el valor del tiempo en función de la *distancia* de viaje y el *ingreso* del viajero, según el *propósito* de viaje.
- Se estimó valores del tiempo para los propósitos negocios, viajes habituales (*commuting*), ocio y compras, para los modos auto y transporte público³ (en total se obtuvo ocho valores). En relación al transporte público, también se obtuvo valores de disposición al pago por reducir los tiempos entre servicios de transporte público⁴ y el total de transbordos.
- Excepto en relación a la disponibilidad a pagar por reducciones del número de transbordos, en todos los demás casos los valores asociados al motivo negocios fueron superiores (ver Tabla 3).
- En relación al tiempo de viaje en vehículo, no se observó diferencia en la disposición a pagar por reducir tiempo de viaje en congestión vs tiempo de viaje a flujo libre.
- La Tabla 2, tomada de Axhausen et al. (2008), entrega los valores de la disposición al pago por modo de viaje y propósito, calculada en base al ingreso promedio de las personas encuestadas (al 31 de diciembre de 2002, CHF1 equivalía a USD 0,717). Esta

² Los autores de este estudio, en un primer momento, cometieron un grave error al desglosar el tiempo de total de viaje en porcentaje del tiempo que se circulaba en condiciones de flujo libre y en congestión.

³ Los modos avión, caminata y bicicleta no fueron considerados.

⁴ Los tiempos entre servicios se interpretaron como la inversa de la frecuencia de los servicios.

tabla también entrega los valores de las elasticidades (exponentes) de la sensibilidad de la utilidad respecto al costo en función del ingreso y la distancia de viaje, y la sensibilidad de la utilidad respecto al tiempo de viaje en función de la distancia de viaje para automóvil y transporte público.

Tabla 2: Suiza - Valores del tiempo según ingreso promedio y elasticidades

Disposición al pago (promedio muestral)				
	Propósito			
	Negocios	Viajes habituales	Ocio	Compras
VTV_TP (CHF/h)	49,57	27,81	21,84	17,73
VTV_A (CHF/h)	50,23	30,64	29,2	24,32
Tiempo entre servicios (CHF/h)	14,88	11,18	13,38	8,48
Nº transbordos (CHF/transbordo)	7,85	4,89	7,32	3,52
VTV: valor del tiempo; TP: transporte público; A: automóvil; CHF = 0,717 USD (diciembre 2002)				
Elasticidades				
Costo con respecto al ingreso (para toda disposición al pago)	0,89	0,17		
Costo con respecto a la distancia (para toda disposición al pago)	0,6	0,59	0,59	0,59
Tiempo de viaje con respecto a distancia – Transporte Público	-0,31	-0,27	-0,28	-0,2
Tiempo de viaje con respecto a distancia - Auto	-0,36	-0,13	-0,37	-0,19

Fuente: (Axhausen et al., 2008)

- Los valores del tiempo de viaje por motivo negocios fueron modelados a partir de las preferencias de los viajeros.
- Resalta que el valor del tiempo de viaje para usuarios de auto y transporte público resultó muy similar para los motivos de viaje negocios y viajes habituales; no así para los motivos ocio y compras.
- Los resultados muestran la relevancia de considerar interacciones continuas entre los atributos de costo y tiempo de viaje con respecto al ingreso y la distancia.

- El estudio desarrolló una metodología para producir valores representativos del tiempo a nivel nacional, en función de factores de expansión relacionados con la distancia de viaje y el ingreso. Los valores del tiempo a nivel poblacional se muestran en la Tabla 3. Estos caen en relación a los valores de la tabla anterior, dado que la muestra tuvo una sobrerrepresentación de personas de alto ingreso.

Tabla 3: Suiza - Valores del tiempo de viaje poblacionales

Valores	Negocios	Viajes habituales	Ocio	Compras	Todos los propósitos
Valor del tiempo - transporte público (CHF/h)	25,18	18,93	11,9	13,1	14,1
Valor del tiempo – automóvil (CHF/h)	27,66	19,04	18,83	17,84	20,98
Valor del tiempo - reducción tiempo entre servicios (CHF/h)	4,63	6,29	4,57	5,54	5,37
Valor (CHF) por transbordo reducido	2,44	2,75	2,5	2,3	2,61

Fuente: (Auxhausen et al., 2008)

- Las conclusiones del estudio, en materia de aplicación de estos resultados al análisis costo-beneficio social de proyectos de transporte, son muy escuetas. Destacan el hecho que basar un análisis costo-beneficio en función de los viajes que atraviesan un arco vial, sin considerar la distancia de viaje, ha de conducir a errores. En materia de equidad, esgrimen el argumento que no debe hacerse discriminación por ingreso de los beneficiarios en evaluación social, pero no ofrecen una explicación. Tal como está escrito en el artículo del año 2008, el argumento carece de sustento teórico.

2.2 Dinamarca

- Estudio encargado por el Ministerio de Transporte y Energía y completado en tres fases. Las fases 1 y 2 contemplaron la toma de datos y modelación respectivamente. La primera fue realizada por TetraPlan, Rand Europe y Gallup, y la modelación por el *Danish Transport Research institute*. La información obtenida para esta sección proviene de Fosgerau et al. (2007).

Diseño experimental

- Se diseñó cuatro ejercicios de preferencias declaradas (PD):

1. Elección abstracta entre una alternativa cara y rápida, versus una alternativa de menor costo y lenta (mayor tiempo de viaje).
 2. Elección entre dos alternativas del mismo modo, considerando distintas componentes del tiempo de viaje (*acceso, espera, transferencia, viaje propiamente tal, búsqueda de estacionamiento y tiempo de viaje con congestión versus tiempo de viaje a flujo libre*)
 3. Elección de modo de viaje
 4. Elecciones del tipo *precio de transferencia*⁵.
- El primer juego de PD se utilizó para estimar el valor del tiempo de viaje en vehículo y el segundo para estimar el valor de otros componentes en relación al valor del tiempo de viaje en vehículo. Los juegos de elección 3 y 4 no fueron considerados para el cálculo del valor social del tiempo.
 - Este estudio fue innovador en varios aspectos. Desde el punto de vista de diseño de encuestas de PD, consideró más atributos que solo tiempo y costo de viaje, e incluyó ejercicios hipotéticos de elección modal. El tiempo total de viaje fue desagregado en sub-componentes, permitiendo estudiar la relación entre el tiempo de viaje en el vehículo, tiempo de espera, acceso, etc.

Tamaño muestral y método de recolección de información

- El reporte no explica cómo se determinaron los tamaños de muestra. Los autores presentan la Tabla 4 con las tasas efectivas de respuesta para el primer juego de PD (SP1). Tampoco se explica cómo fueron reclutadas las personas encuestadas.

Tabla 4: Dinamarca – Tamaños de muestra

	Auto - chofer	Auto - pasajero	Bus	Metro	S-tren	Tren
Encuestados	2.167	502	1.257	248	615	1.008
Elecciones	16.791	3.837	9.690	1.875	4.738	7.881

Fuente: Fosgerau et al. (2007)

⁵ La cantidad en que tendría que variar el costo de una alternativa para igualar el de otra opción predefinida. Notar que se ha demostrado que es un método, en general, inconsistente con teoría de la utilidad aleatoria (ver Ortúzar y Willumsen, 2011, sección 15.4.4.3).

Modelación y resultados

- La modelación del primer juego de PD fue innovadora. Se modeló el valor del tiempo de viaje de manera directa; es decir, en el espacio o dimensión de la disposición al pago, en el lugar de en el espacio o dimensión de utilidades.
- La modelación incluyó el fenómeno del *punto de referencia* para explicar asimetrías entre valores de disposición al pago y de disposición a aceptar compensación.
- También permitió estimar el valor del tiempo en función de la magnitud del ahorro o desahorro de tiempo – *efecto signo* (ver sección 5).
- Este estudio estableció un estándar en términos de modelación que fue replicado posteriormente en los estudios realizados en Suecia, Noruega y Gran Bretaña.
- Según los autores, el diseño experimental tuvo una falla en relación a los valores del tiempo supuestos al diseñar las encuestas de PD, lo que hizo que muchas personas (13% de los encuestados) eligieran siempre la alternativa más rápida y más cara. Ello generó problemas para estimar los valores en la cola derecha de la función de distribución del valor del tiempo (no había datos en ese rango). Esto fue un problema especialmente para los conductores de automóvil. Para solucionarlo, se recurrió a métodos estadísticos semiparamétricos y no paramétricos, a fin de estimar la cola derecha de la función de distribución del tiempo de viaje⁶.
- El estudio permitió también estimar el valor del tiempo en función de la magnitud del ahorro de tiempo, observándose que aumentaba con el diferencial de tiempo de viaje entre alternativas. En otras palabras, la disposición al pago por minuto de viaje ahorrado aumenta si el ahorro de tiempo es mayor. Así, ahorrar 5 min en dos viajes genera un menor beneficio económico que ahorrar 10 min en un solo viaje.
- Ello genera la dificultad de determinar en base a qué diferencia o ahorro de tiempo de viaje se debe establecer el valor del tiempo para evaluación social de proyectos. Claramente, el valor del tiempo de viaje resultará diferente si se basa en un ahorro de 5 min, un ahorro de 10 min o un ahorro de tiempo mayor.

⁶ Los métodos semiparamétricos y no paramétricos, son técnicas de estimación estadística que imponen menor cantidad de requisitos que los métodos paramétricos. La técnica de regresión por mínimos cuadrados puede ser interpretada como una técnica semiparamétrica, puesto que no requiere hacer supuesto alguno sobre el término de error (solo que tenga una media igual a cero), pero sí adopta una forma funcional específica sobre como las variables independientes afectan a la variable dependiente. Si no se hicieran supuestos sobre esta forma funcional, la técnica de mínimos cuadrados sería no paramétrica. Las técnicas de estimación no paramétricas requieren de muestras muy numerosas para lograr significancia estadística y ello, en general, las vuelve difíciles de aplicar.

- Dado que las encuestas de PD ofrecen diferentes valores del tiempo por alternativa, a diferentes encuestados en base a un diseño estadístico, en el estudio se pone en duda que la distinta valoración -en función de la magnitud del ahorro de tiempo- sea un efecto real, sino más bien un fenómeno asociado a las encuestas de PD.
- En base a una serie de explicaciones *ad hoc*, algunas de ellas referidas a prácticas del Reino Unido, los autores del estudio, junto con su contraparte, determinaron que el cálculo del valor del tiempo de viaje debía estar basado en ahorros de tiempo de viaje de 10 min, una magnitud razonable en función de las características típicas de los proyectos de transporte.
- Para determinar un valor del tiempo representativo a nivel poblacional, se procedió con los siguientes ajustes:
 - Dado que el valor del tiempo de viaje depende de la distancia de viaje, se calcula el valor del tiempo suponiendo la distancia promedio de viaje;
 - Dado que el valor del tiempo de viaje depende del ingreso, se calcula el valor del tiempo suponiendo el ingreso promedio.
 - Finalmente, considerando un ahorro de tiempo de viaje de 10 min, se calculan los valores de la Tabla 5, tomada de Fosgerau et al. (2007), con valores del tiempo por hora, por propósito/modo (al 31/12/2004, USD 1 = DKK 5,47).

Tabla 5: Dinamarca – Valor del tiempo de viaje según modo/propósito (DKK/hr)

	Al trabajo	Educación	Ocio	<i>Maintenance</i> ¹	Todos
Auto-chofer	78	82	75	67	74
Auto pasajero	54	96	62	59	61
Bus	34	30	35	31	33
Metro	75	72	58	56	63
S-Tren	35	41	39	35	38
Tren	52	59	58	59	57
Todos	70	71	67	62	67

¹Mantencción - se interpreta como viajes por motivo compras, etc., relacionadas con el funcionamiento del hogar
Fuente: Fosgerau et al. (2007)

- En la tabla se observa que las diferencias por propósito no son significativas. Por otro lado, aduciendo razones de equidad⁷, la contraparte del estudio decidió fijar un único valor del tiempo en DKK 67, independientemente del modo y propósito.

⁷ Tal como en el estudio suizo del valor de tiempo de viaje, el concepto de equidad no es explicado en este estudio, pero se da a entender que equidad implica adoptar un idéntico valor del tiempo de viaje para todo usuario independientemente de su ingreso.

- Los valores de las distintas componentes del valor del tiempo de viaje fueron estimados como proporciones del valor del tiempo, haciendo uso del juego de PD2. En otras palabras, si el valor del tiempo de acceso/egreso resultaba ser 1,5 veces el valor del tiempo de viaje, según los datos de la encuesta PD2, entonces el valor del tiempo de espera recomendado sería igual a $1,5 \times \text{DKK } 67$.
- Los modelos estimados según modo de viaje reportado, arrojan un amplio abanico de valores, y algunos de ellos no resultan lógicos. Por ejemplo, se estima que los conductores prefieren circular en condiciones de alta congestión que en condiciones de flujo libre, un resultado 'no deseable' en palabras de los mismos autores.
- En cuanto a la clasificación de los viajes por distancia, esta se hizo *ex post* en función de la distribución de viajes obtenida en la muestra. Las distancias de corte para segregar viajes cortos vs viajes largos fueron: 25 km para auto, 10 km para bus, 15 km para S-tren y 50 km para Tren. El estudio reporta algunos valores basados en distancia, pero sin dar explicaciones al respecto.
- La recomendación de valores se reporta en la Tabla 6, tomada de Fosgerau et al. (2007). Se entregan los siguiente valores: valor del tiempo de viaje, multiplicador del valor del tiempo de viaje en condiciones de congestión; multiplicador del tiempo de viaje asociado a la búsqueda de estacionamiento; multiplicador del tiempo de viaje asociado al acceso/egreso de transporte público, valor por transbordo evitado, valor del tiempo de espera en función de los tiempos entre servicios⁸, y valor del tiempo de espera asociado a un transbordo.
- El estudio no estimó valores del tiempo para viajes por motivo negocios. La razón fue que se prefirió usar como valor de referencia los costos directos del empleador.
- El estudio no explica como actualizar los valores del tiempo de viaje en el tiempo.

2.3 Suecia

Este estudio ha sido reportado en la literatura a través de varios artículos (Börjesson et al., 2012a, 2012b; Börjesson y Eliasson, 2014). En las referencias consultadas no se menciona quién comisionó el estudio, pero en casos anteriores lo había el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

⁸ Este valor depende de si el tiempo entre servicios es menor o mayor a 12 min.

Tabla 6: Dinamarca - Valores del Tiempo para evaluación social de proyectos

Valor del tiempo de viaje (VTV) (idéntico para todos los modos)	67 DKK	
Valores relativos	Auto	Transporte Público
Valor del tiempo en congestión	1 * VTV	
Valor del tiempo - búsqueda de estacionamiento	1,5 * VTV	
Tiempo de acceso / egreso	1,5 * VTV	1,5 * VTV
Transbordos		6 minutos
Tiempos entre servicios (TS)		
< 12 min		1 * TS * VTV
> 12 min		(12 + 0,4 * (H-12)) * VTV
Tiempo de espera al transbordar		1,5 * VTV

Fuente: Fosgerau et al. (2007)

Tamaño muestral y método de recolección de información

- El trabajo de campo fue realizado durante 2007 y 2008, y replicó el trabajo de campo realizado en un estudio de 1994; no se explica cómo se determinaron las cuotas.
- El número total de personas encuestadas fue el siguiente: auto, 1440; bus regional, 950; tren regional, 931, bus de larga distancia, 699 y tren de larga distancia, 561. Tal como en Dinamarca, no se consideró los viajes por motivo negocios.
- En cuanto al criterio distancia, solo se dice que el corte entre viajes de corta y larga distancia fue 100 km.
- Los usuarios de transporte público fueron abordados en su modo de transporte y convidados a responder la encuesta vía internet o mediante una entrevista telefónica.
- Los usuarios de automóvil fueron identificados a través de un directorio de registros de patentes vehiculares, y contactados vía correo postal⁹ para que respondieran la encuesta vía internet o vía telefónica.
- La encuesta fue realizada en dos fases, y de los informes revisados no se puede determinar la tasa de respuesta global.

⁹ A quienes no respondieron la invitación a participar en la encuesta, enviada por correo postal, se les llamó por teléfono.

- En relación a los datos de 2008, la tasa de respuesta sobre 6.000 contactos fue 62%, pero muchas personas no pasaron los filtros de la encuesta. Finalmente, respondieron la encuesta 1.477 personas: 1.222 por internet y 255 vía telefónica.

Diseño experimental

- Desde el punto de vista del diseño experimental, este estudio no produjo mejoras de relevancia. Las encuestas de PD consistían en simples compromisos entre tiempo de viaje y costo, para usuarios de auto y de bus (Börjesson y Eliasson, 2014).
- Aprovechando la experiencia danesa, el diseño estadístico de la encuesta consideró la posibilidad de altos valores del tiempo. Así, se logró que menos de 2% de los encuestados eligiera siempre la alternativa más rápida (comportamiento catalogado como *lexicográfico* en el tiempo de viaje), lo que permitió estimar la cola derecha de la distribución del valor del tiempo con mayor precisión.
- Los usuarios de bus también debieron responder otros tres juegos de encuestas de PD (Börjesson, 2010): en el primero, se incorporaba el atributo *frecuencia*; en el segundo, atributos relacionadas con el *entorno construido* y el tercero era una elección de modo.

Modelación y resultados

- La modelación realizada en este estudio es muy similar a la descrita en el estudio danés. Se estimó modelos no paramétricos, y modelos que consideraban aversión a las pérdidas y el efecto de la magnitud de los ahorros de tiempo sobre su valor.
- La Tabla 7 resume los valores obtenidos. El panel de la izquierda muestra los resultados como promedios ponderados por modo¹⁰, propósito, distancia de viaje y región del país. El panel de la derecha muestra los resultados evaluados en el ingreso promedio de la muestra¹¹. Al existir correlación entre el ingreso de las personas y el modo elegido, el uso de los valores en el panel izquierdo propiciaría el desarrollo de proyectos que favorecen a las personas de mayor ingreso; al hacer uso del panel derecho, esgrimen los autores, se obtendrían valores del tiempo *neutros* en el sentido que los beneficios de cualquier proyecto de transporte, independientemente del modo y magnitud del proyecto, serían evaluados con la misma métrica monetaria.

¹⁰ Dado que el modo de transporte de referencia de cada encuestado correlaciona con su ingreso, el valor del tiempo de viaje promedio considera el ingreso de las personas de manera implícita.

¹¹ En este caso, en la función de utilidad de cada individuo se reemplaza su ingreso por el ingreso promedio de la muestra y se procede a calcular el valor del tiempo de viaje del individuo.

Tabla 7: Suecia – Valores del tiempo de viaje estimados

	Valores del tiempo -promedios ponderados (EUR/hora)			Valores del tiempo (estimados con el ingreso promedio muestral) (EUR/hora)		
	Corta distancia, viajes habituales	Corta distancia, otros propósitos	Larga distancia, todos los propósitos	Corta distancia, viajes habituales	Corta distancia, otros propósitos	Larga distancia, todos los propósitos
Auto, Estocolmo	12,1	7,8	14,9	10,9	7,6	14
Auto, otras regiones	9,2	5,9	11,4	8,3	5,7	10,6
Auto, todas las regiones	9,8	6,1	11,7	8,8	5,9	10,9
Bus	5,3	2,8	3,8	5,3	3,3	3,9
Tren	7,2	5	7,3	7	5,3	7,4

Fuente: Börjesson y Eliasson (2014)

- Los valores mostrados diferencian entre la ciudad capital de Estocolmo y el resto del país. Las estimaciones econométricas muestran que, una vez controlado el efecto de las variables socio-demográficas, los valores del tiempo estimados para los habitantes de Estocolmo superan a los valores estimados para el resto del país. Esto puede deberse, en parte, a que los tiempos de viaje son mayores en ciudades de mayor tamaño restando tiempo para actividades de ocio. Si el ocio se vuelve más escaso, *ceteris paribus*, el valor del tiempo de ocio debería aumentar y con ello el valor del tiempo de viaje. Sin embargo, desde el punto de vista de la aplicación a evaluación social de proyectos, no se consideró prudente diferenciar el valor del tiempo entre Estocolmo y el resto del país por las dificultades políticas de implementar tal práctica.
- Los valores del tiempo de viaje son mayores para viajes de larga distancia.
- No se reportan valores del tiempo de espera, acceso y asociados a los transbordos, ni se explica como se actualizan los valores del tiempo de viaje en el tiempo.

2.4 Noruega (2007-2010)

- Noruega realizó un estudio de valor del tiempo en el período 2007-2010, como parte de un *Estudio de Valoración* más general. El estudio estuvo a cargo del *Institute of Transport Economics*. Solamente se ha reportado un breve resumen de este estudio en idioma inglés, a partir del que no es posible determinar qué tan innovador fue el estudio¹² en materia de diseño y modelación (Ramjerdi et al., 2010). Según dice el reporte, la metodología de estimación fue muy similar a la reportada en el danés

¹² Quienes escribimos este informe fuimos parte del *Estudio de Valoración* en el análisis metodológico del componente de valoración de la seguridad vial. Esa parte tuvo como rasgo característico el cálculo del riesgo de accidente vial en función del viaje reportado para el diseño de la encuesta de PD (Veisten et al., 2013).

- La encuesta fue administrada a través de un panel de internet de la empresa *Synovate Norway*, en junio de 2009 y la respondieron 9.280 personas (de un total de 47.000 personas contactadas). La encuesta fue financiada por la Dirección Nacional de Vialidad, la Empresa de Ferrocarriles Nacionales, la Administración Costera y el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- El estudio cubre viajes largos (más de 100 km) en modo auto, tren, avión y bus. Los viajes cortos corresponden a auto y transporte público. Cubre también los modos caminata, bicicleta, y la posibilidad de combinar auto con ferry y ferry rápido.
- El estudio entrega valores del tiempo para viajes cortos (menos de 100 km), expresado en coronas de 2009 (USD1 = NOK 5,78), que se reportan en la Tabla 8.
- La Tabla 9 muestra los multiplicadores para el tiempo de espera, acceso y egreso y transferencias para viajes cortos.

Tabla 8: Noruega – Valores del tiempo de viajes cortos

NOK/hora, 2009	Auto-chofer	Transporte público	Ferry	Ferry rápido
Viajes al / desde el trabajo	90	60		
Otros viajes privados	77	46		
Todos los viajes no-trabajo	80	51	126	82
Viajes de negocios	380	380	380	380
Todos los viajes	88	60		

Fuente: Ramjerdi et al. (2010)

Tabla 9: Noruega – Multiplicador de valores del tiempo de viajes cortos

NOK/hora, 2009	Transporte público - viajes cortos
Ponderador para viajes 0-5 minutos	2,3
Ponderador para viajes 6-55 minutos	1,88
Ponderador para viajes 16-30 minutos	0,92
Ponderador para viajes 31 -60 minutos	0,56
Ponderador para viajes > 60 minutos	0,28
Ponderador para tiempo de acceso / egreso	1
Costo fijo por transbordo	2 - 10 min

Fuente: Ramjerdi et al. (2010)

- La Tabla 10 presenta los valores del tiempo para viajes largos (más de 100 km) en modos motorizados.

Tabla 10: Noruega – Valores del tiempo de viajes largos

NOK/hora, 2009	Auto-chofer	Tren	Bus	Aéreo	Ferry rápido
Viajes al / desde el trabajo	200	156	103	288	
Otros viajes privados	146	92	73	180	
Todos los viajes no-trabajo	150	98	74	204	138
Viajes de negocios	380	380	380	445	380
Todos los viajes	181	146	120	305	

Fuente: Ramjerdi et al., (2010)

- La Tabla 11 presenta los multiplicadores para el tiempo de espera, acceso y egreso y transferencias para viajes largos.

Tabla 11: Noruega – Multiplicador de Valores del tiempo de viajes largos

	Bus	Tren	Aéreo	Ferry	Ferry rápido
Ponderador para viajes 0-30 minutos	1,04	1,04	2	2	2
Ponderador para viajes 31-240 minutos	0,54	0,54	1	1	1
Ponderador para viajes > minutos	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8
Ponderador para tiempo de acceso / egreso	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
Costo fijo por transbordo	10 minutos	10 minutos		10 minutos	10 minutos

Fuente: Ramjerdi et al., (2010)

- Los valores del tiempo para caminata y bicicleta fueron estimados como 146 NOK/h y 130 NOK/h, respectivamente, para todos los motivos de viaje.
- Los valores de tiempo en condiciones de alta congestión se deben multiplicar por 3,5 para viajes cortos en auto y por 3,0 para viajes largos en auto.
- Se calcularon también los beneficios por reducir la variabilidad en el tiempo de viaje. Si la variabilidad en el tiempo de viaje cae en una desviación estándar, entonces este beneficio se mide como el valor del tiempo multiplicado por el factor de ponderación que corresponde a una desviación estándar según el modo de viaje (ver Tabla 12).
- Por último, en la Tabla 13 se entregan valores asociados a disponer de un asiento en transporte público en función de la proporción del tiempo de viaje que se viaja sentado.

Tabla 12: Noruega – Multiplicador valor del tiempo en relación a variabilidad

Modo	Ponderador
Viajes cortos	
Auto	0,42
Transporte público	0,69
Ferry rápido	1,02
Ferry	0,42
Viajes largos	
Auto	0,25
Bus	0,42
Tren	0,54
Aéreo	0,2
Ferry rápido	0,55

Fuente: Ramjerdi et al., (2010)

Tabla 13: Noruega – Valores asociados a la comodidad durante el viaje

NOK / viaje	Viajes cortos en transporte público
Asiento 1/4 de viaje	5
Asiento 1/2 de viaje	14,3
Asiento casi todo el viaje	24
Asiento todo el viaje	27,5

Fuente: Ramjerdi et al. (2010)

- El reporte no explica cómo afectarían los valores estimados a la evaluación social de proyectos.

2.5 Holanda

- El tercer estudio de valor del tiempo de viaje en Holanda, se realizó entre 2009 y 2011 (Significance et al., 2013) y fue requerido por el Ministerio de infraestructura y Medio Ambiente. Estuvo a cargo de un consorcio de empresas bajo la supervisión del KiM Netherlands Institute for Transporte Policy Analysis.
- La metodología de análisis fue muy similar a la del estudio del valor del tiempo danés. Se incluye además la valoración de la confiabilidad en el tiempo de viaje.

Tamaño muestral y método de recolección de información

- La encuesta fue administrada a través de un panel en línea, en 2009. Se contactó a 44.320 personas, de las que 17,845 respondieron. De estas, 7.052 personas comenzaron la encuesta y solo 5.760 la contestaron en forma completa. Hubo 28 encuestas adicionales con información faltante y, por lo tanto, fueron descartadas.

- El criterio para el tamaño de muestra fue cubrir ciertas cuotas mínimas (no se explica el criterio para elaborarlas). Las cuotas requerían que al menos 2.500 usuarios de auto, 2.500 usuarios de transporte público y 200 viajeros de navegación recreacional respondieran la encuesta.
- En el modo automóvil se consideró sub-segmentos por propósito de viaje (viajes habituales, negocios, otros) y en transporte público se segmentó por modo (tren, metro, bus, tranvía, tren de alta velocidad y avión) y propósito de viaje (viajes habituales, negocios, otros). El total de viajes correspondiente a cada modo debía repartirse 50% / 50% entre hora punta y no punta. La mitad de los viajes de transporte público debía tener al menos un transbordo. No hubo cuotas por distancia.
- Producto de los bajos valores del tiempo estimados, se decidió hacer una segunda fase reclutando a las personas en sitios con alto tráfico de pasajeros (estaciones de servicio, estacionamientos, paraderos de bus y estaciones de tren). Quienes estaban dispuestos a responder la encuesta, debían conectarse a una página web para acceder a la misma. De esta forma, 3.650 personas adicionales accedieron a responder la encuesta, pero solo 1.430 la completaron.

Diseño experimental

- La base de las estimaciones econométricas fueron dos juegos de encuestas de PD. El primero consistía en simples compromisos entre tiempo de viaje y costo de viaje.
- El segundo consideraba también la *regularidad* en el tiempo de viaje asociado a la hora de partida. En la Tabla 14 se muestra un ejemplo traducido al español.
- El segundo juego de PD tenía dos variantes. En la primera, las horas de arribo diferían brindando al encuestado la posibilidad de decidir si llegar más temprano o más tarde. En la segunda variante, las horas de arribo eran las mismas y solo cambiaba el tiempo de viaje entre alternativas.
- Los valores del tiempo y confiabilidad fueron estimados a partir de los datos recolectados en la segunda fase. Para estimar la sensibilidad del valor del tiempo con relación a las magnitudes de las diferencias de tiempo y costo entre alternativas, como en relación a la magnitud del costo y del tiempo de viaje, se usaron los resultados de la combinación de ambos conjuntos de datos.

Tabla 14: Holanda – Ejemplo de ejercicio de preferencias declaradas

Viaje A			Viaje B		
Hora de salida			Hora de salida		
8:20			8:20		
Cada tiempo de viaje ocurre con la misma probabilidad y asociado a ello el tiempo de arribo			Cada tiempo de viaje ocurre con la misma probabilidad y asociado a ello el tiempo de arribo		
Tiempo de viaje	Tiempo de arribo		Tiempo de viaje	Tiempo de arribo	
35 min		8:55	40 min		9:00
40 min		9:00	45 min		9:05
40 min		9:00	45 min		9:05
45 min		9:05	45 min		9:05
55 min		9:15	50 min		9:10
Tiempo de viaje habitual			Tiempo de viaje habitual		
	40 min			50 min	
	Costo			Costo	
	EUR 3.8			EUR 2.8	
	Elijo A			Elijo B	

Fuente: Significance et al. (2013)

Modelación y resultados

- Se estimó valores del tiempo por *modo*, *longitud* de viaje (medida en tiempo) y *propósito*, incluyendo viajes de negocio. En este último sentido, se investigó la posibilidad de hacer un uso productivo del tiempo durante el viaje, sentando un precedente para futuros estudios.
- En cuanto al cálculo del tiempo de viaje por motivo trabajo, se usó la ecuación (1):

$$VTT_{emp} = PL * (W - TW * PTW) + L \quad (1)$$

en que VTT_{emp} es valor del tiempo para el empleador; PL la productividad laboral por unidad de tiempo (aproximada por el ingreso laboral); W la proporción del tiempo de viaje ahorrado destinada a trabajar; TW la proporción de tiempo de viaje que se trabaja; PTW la productividad relativa de una unidad de tiempo trabajada mientras se viaja, en relación al trabajo en oficina y L el valor del tiempo de viaje por trabajo para el empleado.

- El estudio de la *confiabilidad* en los tiempos de viaje, también constituyó una innovación en relación a estudios nacionales europeos de valor del tiempo, y se identificó el factor *comodidad* como otro elemento a ser considerado en futuras investigaciones.

- Los valores del tiempo de viajes estimados se expandieron haciendo uso del método de *enumeración muestral* (Ortúzar y Willumsen, 2011, Cap 9), donde cada observación se expandió según su representatividad, en función de ponderadores obtenidos a partir de la encuesta nacional de movilidad del año 2010.
- En la Tabla 15 se muestran los resultados de las estimaciones del valor del tiempo ponderadas según tiempo de viaje y factores de expansión.

Tabla 15: Holanda – VTV ponderado según tiempo y factor de expansión (EUR/hr)

	Auto	Tren	Bus, Tranvía, metro	Todos los modos de superficie	Aéreo	Recreación navegación
Viaje habituales	9,25	11,50	7,75	9,75		
<i>Empleado</i>	12,75	15,50	10,50	13,50	85,75	
<i>Empleador</i>	13,50	4,25	8,50	10,50	-	
Negocios	26,25	19,75	19,00	24,00	85,75	
Otros	7,50	7,00	6,00	7,00	47,00	8,25

Fuente: Significance et al. (2013)

- En relación al valor de la confiabilidad, la Tabla 16 entrega valores por hora. Estos deben interpretarse de la siguiente forma: si la desviación estándar de la distribución del tiempo de viaje de un viaje cae en una hora, el beneficio está dado por el valor monetario que reporta la tabla.

Tabla 16: Holanda – Valor de la confiabilidad (EUR/hr)

	Auto	Tren	Bus, Tranvía, metro	Todos los modos de	Aéreo
Viajes habituales	3,75	4,75	3,25	4	
<i>Empleado</i>	14,5	18	12	15,5	56
<i>Empleador</i>	15,5	4,75	9,75	12,25	-
Negocios	30	22,75	21,75	27,75	56
Otros	4,75	4,5	3,75	4,5	30,75
Todos los propósitos	5,75	5,5	3,75	5,25	33,75

Fuente: Significance et al. (2013)

- Un resultado destacable del estudio holandés es la observación del crecimiento del valor del tiempo de viaje en el tiempo. Se constató que este crecía de forma menos que proporcional con el ingreso real de las personas; incluso, para algunas combinaciones de modo-propósito, el valor del tiempo decrecía en el tiempo. Este efecto se atribuyó a la irrupción de nuevas tecnologías de comunicación e información, que permitan un uso más productivo o placentero del tiempo de viaje.
- No se reportan valores del tiempo de espera, acceso y valores asociados a los transbordos.

2.6 Alemania

- El Ministerio de Transporte e infraestructura Digital del gobierno federal de Alemania requirió actualizar el valor del tiempo y de la confiabilidad el año 2012, como parte de la actualización de la metodología de análisis costo-beneficio social para proyectos de infraestructura.
- Este estudio rompió la inercia, ya comentada, en relación a estudios nacionales europeos de valor del tiempo (Dubernet, 2019; Dubernet y Axhausen, 2020). Se recabó información para estimar el VTV con datos de PR y PD, para los propósitos de viaje al trabajo o estudios, compras y ocio. También se encuestó a personas que viajaban por negocios.

Tamaño muestral y método de recolección de información

- En relación a los viajes cuyo propósito no era trabajo, las personas fueron contactadas a partir de un directorio de números telefónicos (de línea y móviles), con cuotas geográficas a nivel nacional. Las personas que completaron la encuesta sobre viajes por propósito trabajo, fueron reclutadas mediante un panel en línea.
- En la primera fase, la tasa de reclutamiento a través de contactos telefónicos fue de 30% y de estos contactos exitosos, el 73% de las personas completó la encuesta. En esta primera fase las personas reportaban su viaje de referencia para la construcción de las encuestas de PD. Más de 4.000 personas completaron esta fase.
- La segunda fase consistía en completar la encuesta de PD. En relación a las personas que en la fase 1 reportaron un viaje cuyo propósito no era trabajo, el 68% completó la encuesta de PD. En el caso de viajes reportados por motivo trabajo, el 91% de los reclutados completó la fase 2.

- La muestra de encuestados para viajes por propósito no-trabajo fue de 2.404 personas; 2.288 respondieron la encuesta de PD en formato papel y 116 personas en formato en-línea mediante un enlace web.
- La muestra de encuestados por motivo negocios comprendió 839 personas, y 786 de estas respondió la encuesta de PD en formato en-línea; el resto en formato papel.
- En total se obtuvo más de 64.000 respuestas de elección en las encuestas de PD.
- El estudio consideró como viajes de larga distancia a aquellos que eran de 50 km o más, incluyendo, entre estos, viajes en avión.
- Se reclutó a todos los encuestados (salvo por motivo negocios), por vía telefónica, con un 30% de éxito. El 71% de este 30% respondió la encuesta completa; y de este 71%, 95 % respondió en papel y entregó la encuesta vía correo postal. Para los viajes por motivo trabajo, se reclutó a los encuestados mediante paneles de acceso en línea.

Diseño experimental

- La encuesta incluyó preguntas sobre la relevancia relativa de los diferentes atributos y otros elementos que afectan la elección, y sobre actitudes en relación a riesgo, protección ambiental y búsqueda de variedad en la vida diaria.
- Las encuestas de PD fueron de cuatro tipos:
 1. Elección de modo de viaje (tres alternativas), considerando un amplio abanico de atributos. Se incluyó los modos caminata y bicicleta. El ejemplo de la Tabla 17 contiene una elección de viaje entre modos bicicleta, transporte público y auto (traducido al español).

Tabla 17: Alemania – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas I

Bicicleta		Transporte público		Auto	
Tiempo de viaje	0:38	Tiempo de viaje	0:27	Tiempo de viaje	0:19
		Distribuido así:		Distribuido así:	
		En vehículo	0:15	S/congestión	0:13
		Caminata	0:06	C/congestión	0:03
		Acceso	0:06	Acceso	0:03
		Transferencia	0:00		
		Costo	EUR 1,7	Costo	EUR 2,1
		Frecuencia	10 minutos		
		% demorado	20%	% demorado	5%
Elijo					

Fuente: Dubernet y Axhausen (2020)

2. Elección binaria de ruta en función del modo reportado para un viaje en auto o transporte público. La Tabla 18 muestra un ejemplo que no especifica el modo.

Tabla 18: Alemania – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas II

Ruta 1		Ruta 2	
Tiempo de viaje	4:28	Tiempo de viaje	5:31
Distribuido así:		Distribuido así:	
S/congestión	3:50	S/congestión	4:15
C/congestión	0:16	C/congestión	0:58
Caminata	0:22	Caminata	0:18
Costo	EUR 52,0	Costo	EUR 47,8
% demorado	10%	% demorado	10%
Elijo			

Fuente: Dubernet y Axhausen (2020)

3. Regularidad: este ejercicio de PD consistía en una elección de ruta donde cambiaban los tiempos de viaje promedio y su regularidad o confiabilidad. La regularidad se indicaba en función del porcentaje de veces que se arribaba temprano, puntual y atrasado, y la respectiva magnitud -en minutos- del arribo adelantado o atrasado.
4. Elección de largo plazo que involucraba transporte (esto es, elección residencial y elección de empleo).

Modelación y resultados

- Se estimó valores del tiempo por *propósito* y *modo* de viaje, interactuando de manera continua cada atributo con el tiempo y el costo de viaje (Ehreke et al., 2019). También se estimó valores para la confiabilidad. La Tabla 19 entrega los resultados obtenidos.
- Los valores del tiempo de viaje más altos corresponden al motivo de viaje trabajo y especialmente al modo avión.
- En relación al modo auto, la valoración de reducir el tiempo de viaje en una unidad de tiempo es levemente mayor a reducir la desviación estándar en el tiempo de viaje en una unidad de tiempo.
- En transporte público, el costo por arribo tardío en una unidad de tiempo es bastante similar al costo por una unidad de tiempo de demora en el tiempo de viaje, excepto para el motivo trabajo donde el valor del tiempo de viaje domina. El costo por arribo tardío es mayor que el costo por arribo temprano. En el modo aéreo, el costo por

arribo temprano supera con creces al costo por arribo tardío. Aún más, el no poder arribar a la hora deseada (en una unidad de tiempo) presenta un costo mayor que alargar el tiempo de viaje en una unidad de tiempo.

Tabla 19: Alemania – Valores del tiempo de viaje

(EUR / hora)	Atributo	Propósito					
Modo	Atributo	Educación	Al trabajo	Compras	Ocio	Trabajo	Todos
Auto	Desviación Estándar (I)	3,21	3,45	3,51	3,09	6,54	3,61
Auto	Tiempo de viaje (II)	3,9	4,87	4,29	4,03	8,38	4,66
Transporte público	Llegada tarde	4,66	5,1	4,28	4,82	15,97	5,48
Transporte público	Llegada temprano	1,81	1,98	1,67	1,88	6,22	2,13
Transporte público	Tiempo de viaje	4,39	4,47	5,11	4,35	7,01	4,83
Aéreo	Llegada tarde				38,44	51,27	46,6
Aéreo	Llegada temprano				90,16	120,25	109,3
Aéreo	Tiempo de viaje				25,45	38,76	33,67

Fuente: Dubernet y Axhausen (2020)

2.7 Reino Unido

- El estudio fue requerido por el Departamento de Transporte del Reino Unido y está excelentemente documentado en la mayoría de sus aspectos: diseño, trabajo de campo, procesamiento de la información, modelación y estimación de valores sociales del tiempo de viaje, incluyendo el control de calidad integral del estudio (ARUP et al., 2015a). Sin lugar a dudas, es un excelente referente que entrega valiosa información para cualquier estudio futuro y establece un estándar de calidad difícilmente alcanzable a no ser que se disponga de un presupuesto similar.

Tamaño muestral y método de recolección de información

- El trabajo de campo se realizó durante 2014 y 2015. Se comenzó con dos encuestas PD piloto, entre agosto y septiembre de 2014; la primera fue respondida por 676 personas (tasa de respuesta de 27% respecto al total de personas interceptadas) y la segunda, por 755 personas (tasa de respuesta de 31%). A ello debe sumarse una toma de datos adicional, en ocasión de cada encuesta piloto, para estimar modelos con datos de PR. La encuesta final se realizó entre octubre de 2014 y marzo de 2015. La

componente de PD fue respondida por 8.623 personas y 400 tomadores de decisión en empresas; por su parte, la encuesta de PR fue respondida por otras 2.646 personas.

- Se reclutó al 89% de los encuestados en puntos de interceptación, esto es, sitios en los que existía un adecuado tráfico de pasajeros y donde un encuestador podía trabajar de manera efectiva. Ejemplo de estos sitios son paraderos de buses, estaciones de trenes, estaciones de servicios, etc. El resto de los encuestados fue reclutado telefónicamente, a fin de cubrir cuotas que fueron difíciles de observar en los puntos de interceptación.
- De todas las personas que respondieron la encuesta, el 84% lo hizo en línea y el resto vía telefónica. Los reclutados en puntos de interceptación respondieron en mayor proporción en línea y los reclutados vía telefónica en mayor proporción por esta vía.
- La Tabla 20 muestra las encuestas respondidas según combinación modo/propósito.

Tabla 20: Reino Unido – Encuestas realizadas por segmento

	Trabajo	Habituales	Otros viajes	Total
Auto	956	1.032	1.037	3.025
Bus	-	371	672	1.043
Tren	1.010	998	1.128	3.136
Otros modos transporte público	265	614	540	1.419
Total	2.231	3.015	3.377	8.623

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

- Sólo se consideró modos de viaje mecanizados. El bus comprende solo viajes urbanos, o no urbanos locales, excluyendo viajes interurbanos. ‘Otros modos transporte público’ comprende el metro de Londres, el tren liviano y tranvías en diferentes ciudades del Reino Unido. Las cuotas de viajes de larga distancia fueron cubiertas con viajes en los modos auto y tren.
- La encuesta no consideró el modo avión ni los modos activos caminata y bicicleta. En relación a los dos últimos, se consideró que no existía un método de encuesta de PD probado y validado para efectuar estudios de valor del tiempo de viaje. En su lugar, se procedió con un estudio de naturaleza exploratoria.
- En relación a los propósitos de viaje, se consideraron viajes habituales, otros viajes y viajes por motivo negocios. La no disponibilidad de un modo de transporte excluye automáticamente la combinación modo/propósito respectiva. Se adujo que tales

combinaciones representaban pocos viajes del universo de viajes. Se sugirió utilizar valores que correspondan a otras combinaciones de modo/propósito en su lugar.

- Se realizaron encuestas en 400 empresas, a tomadores de decisión sobre la elección de modo de viaje para sus empleados cuando estos debían viajar por motivo trabajo. Estas empresas se eligieron según tamaño (pequeña, mediana y gran empresa), rubro de actividad y región del país.
- Las encuestas de PR, a usuarios de tren, correspondieron a los motivos trabajo (1.250), viajes habituales y otros motivos (1.335).
- En relación al motivo trabajo, se tuvo tres fuentes de datos. En primer lugar, las personas encuestadas que habían reportado un viaje por motivo trabajo. Al responder la encuesta de PD las personas leían un encabezado que remarcaba la relevancia de considerar la política de la empresa en materia de reembolsos por viajes hacia sus empleados en su elección. En segundo lugar, se tenían datos obtenidos de las encuestas a empleadores, que respondían la encuesta de PD, en relación a viajes a realizar por empleados de la empresa (a fin de asistir a reuniones, conferencias o actividades de negocios). En tercer lugar, se tenían los datos de PR provistos por las encuestas a usuarios de tren que reportaban haber viajado por motivo negocios.

Diseño experimental

- La encuesta de PD constaba de tres ejercicios o juegos de elección de ruta, dado el modo de transporte reportado por el encuestado en las preguntas introductorias:
 - Costo versus tiempo: En la Tabla 21 se muestra un ejemplo de encuesta para usuario de auto y otro para usuario de transporte público.

Tabla 21: Reino Unido - Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas I

	Opción A	Opción B
Costo	£ 33,3	£ 35,0
Tiempo de viaje	4 horas 23 min	3 horas 30 min
Elijo la opción:		
	Bus	Tren
Costo	Gratuito	£ 1,50
Tiempo de viaje	1 horas 6 min	21 min
Frecuencia	Cada 30 min	Cada 60 min
Elijo la opción:		

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

- Costo versus tiempo versus *regularidad* (auto). La Tabla 22 muestra un ejemplo traducido del inglés.

Tabla 22: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas II

	Opción A	Opción B
Costo	£ 28,0	£ 42,0
Tiempo de viaje usual	3 horas 46 minutos	3 horas 20 minutos
<i>Tiempos de viaje reales</i>	<i>3 horas 12 minutos</i>	<i>3 horas 17 minutos</i>
	<i>3 horas 20 minutos</i>	<i>3 horas 18 minutos</i>
	<i>3 horas 29 minutos</i>	<i>3 horas 18 minutos</i>
	<i>4 horas 19 minutos</i>	<i>3 horas 22 minutos</i>
	<i>4 horas 28 minutos</i>	<i>3 horas 22 minutos</i>
Elijo la opción:		

Fuente: Arup et al. (2015)

- Costo versus tiempo versus *calidad*. Ejemplo 1: tiempo, costo, condiciones de tráfico (auto), ver Tabla 23.

Tabla 23: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas III

	Opción A	Opción B
Costo	£ 37,60	£ 42,0
<i>Condiciones de tráfico</i>	<i>1 hora 45 minutos, tráfico pesado</i>	<i>2 horas 11 minutos, tráfico pesado</i>
	<i>11 minutos, tráfico liviano</i>	<i>2 horas 36 minutos, tráfico liviano</i>
	<i>2 horas 53 minutos, a flujo libre</i>	<i>57 minutos, a flujo libre</i>
Elijo la opción:		

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

Ejemplo 2: tiempo, costo, frecuencia (tren). Ver Tabla 24 y Ejemplo 3: tiempo, costo, hacinamiento (tren). Ver Tabla 25.

Tabla 24: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas IV

	Tren 1	Tren 2
Costo	£ 27,50	£ 42,0
Tiempo de viaje	45 minutos	1 hora, 23 minutos
Frecuencia	45 min	1 hr 23 min
Elijo la opción:		

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

Tabla 25: Reino Unido – Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas V

	Tren 1	Tren 2
Costo	£ 18,0	£ 24,0
Tiempo de viaje	3 horas 54 minutos	3 horas 18 minutos
Hacinamiento	Todos los asientos ocupados, 8 personas paradas cerca de las puertas	Todos los asientos ocupados, 1 persona parada cerca de las puertas



Elijo la opción:

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

Los atributos de calidad, consideraban *frecuencia* o *hacinamiento* para usuarios de transporte público, y tiempo de viaje en condiciones de *congestión* versus tiempo de viaje *a flujo libre* o con *baja congestión* para usuarios de auto. Destacó el uso de imágenes para comunicar el nivel de hacinamiento y el nivel de congestión, como se muestra en la Tabla 25.

- La encuesta de PR se realizó solo para usuarios de tren, en aquellos corredores donde existía una alternativa de mayor costo y menor tiempo versus una alternativa más rápida y de mayor costo. Los motivos de viaje considerados fueron: de negocios, al trabajo o estudio, y otros viajes. La encuesta incluyó preguntas sobre el uso del tiempo mientras se viajaba.
- Los diseños estadísticos siguieron la técnica de diseños eficientes bayesianos (Ortúzar y Willumsen, 2011, Cap. 3).

Ejemplo 4: tiempo, costo, frecuencia (bus). Ver Tabla 26.

Tabla 26: Reino Unido - Ejemplo de encuesta de preferencias declaradas VI

	Tren 1	Tren 2
Tiempo de viaje a velocidad normal	16 minutos	8 minutos
Tiempo de viaje en tráfico congestionado	5 minutos	5 minutos
Tiempo detenciones en paraderos	7 minutos	7 minutos
Costo	£ 2,20	£ 1,25
Frecuencia	Cada 30 minutos	Cada 60 minutos
Elijo la opción:		

Fuente: Arup et al. (2015). Traducido del inglés

Modelación y resultados

- La modelación fue bastante sofisticada: incluyó gustos aleatorios, no linealidad de las variables de modelación, dependencia del *punto de referencia* y *aversión a las pérdidas*, efecto magnitud e interacciones continuas con las variables costo, ingreso, distancia y tiempo.
- El estudio presente gran cantidad de resultados, difíciles de sistematizar. Se entrega el valor del tiempo de viaje en vehículo, del tiempo de espera, de la confiabilidad en los tiempos de viaje, el valor por reducir los niveles de hacinamiento según modo y propósito, bajo diferentes supuestos de modelación y de expansión muestral.
- La modelación con datos de PR no funcionó de manera aceptable (no se midió con precisión las variables de nivel de servicio) y estos datos se desecharon para el cálculo de valores sociales del tiempo.
- En relación a los valores del tiempo de viaje por motivo trabajo, se obtuvo tres tipos de valores: aquellos estimados a partir de las encuestas de PD respondidas por personas que reportaban viajes de negocios, aquellos estimados a partir de las encuestas de PD respondidas por tomadores de decisión de las empresas, y valores estimados a partir de los datos de PR por personas que viajaban por motivo trabajo. Estos últimos valores fueron descartados por la razón esgrimida en el párrafo anterior. En cuanto a los otros dos tipos de valores, ambos presentan un alto nivel de similitud, muy cercano al valor del costo salarial horario. Esto condujo a los autores del estudio

a considerar los valores obtenidos a partir de las encuestas de PD respondidas por personas que reportaban viajes de negocios para obtener los valores sociales.

Obtención de valores del tiempo de viaje para uso en análisis costo-beneficio

- Es de interés destacar parte de la discusión sostenida en el capítulo 7 del estudio de Arup et al. (2015), sobre la manera de obtener valores sociales del tiempo de viaje.
- La discusión considera dos aspectos relevantes. Por un lado, el valor del tiempo de viaje en función del ingreso y, por otro lado, el valor del tiempo de viaje según el proyecto a evaluar.
- En relación al primer punto, la evidencia empírica muestra que el valor del tiempo de viaje crece con el ingreso del viajero. Como ya mencionamos, esto genera el inconveniente de favorecer aquellos proyectos cuyos usuarios serán principalmente personas de alto ingreso. En relación al segundo punto, el ideal sería evaluar cada proyecto de transporte en función de los beneficios que genere a sus usuarios específicos. Pero esto es impracticable para la gran mayoría de los proyectos de transporte, usualmente de escala pequeña o mediana.
- Entonces surge la pregunta de si debe calcularse un valor del tiempo de viaje estándar¹³ para ser aplicado de manera indistinta a todos los proyectos de transporte.
- En relación a la dependencia del valor del tiempo de viaje con respecto al ingreso, se proponen tres alternativas viables

Opción 1: calcular el valor del tiempo de viaje como el promedio de los valores del tiempo en función del ingreso personal y en función de los viajes realizados¹⁴.

Opción 2: calcular el valor del tiempo de viaje suponiendo que todos los usuarios disponen del ingreso promedio. Se ha de considerar el ingreso promedio de las personas que viajan en modos motorizados.

Opción 3: Calcular el valor del tiempo de viaje usando ponderadores sociales a fin de abordar temas de equidad. En relación a este criterio, lo consideran *desafiante*.

¹³ Destacamos que los autores del estudio utilizan el término *valor del tiempo de viaje estándar* en lugar del término *valor social del tiempo de viaje*. Creemos que ello se debe a que son conscientes de que el valor social del tiempo no puede calcularse sin abordar el tema distributivo.

¹⁴ Por valor del tiempo de viaje promedio (VTVP) en función de los viajes realizados, nos referimos a la siguiente ecuación: $VTVP = 1/V \sum_v VTV_{tv}$, donde VTV_v es el valor del tiempo de viaje para el viaje v y V es el total del viajes.

- En cuanto a la dependencia del valor del tiempo de viaje en función de los proyectos de transporte, se consideran tres niveles de proyectos:

Nivel 1: proyectos de tamaño pequeño y mediano, donde el uso de un valor estándar del tiempo de viaje se considera apropiado.

Nivel 2: proyectos mayores o conjunto de proyectos como parte de una estrategia. En estos casos se recomienda considerar al menos tres estratos de ingresos más un análisis de las implicancias del proyecto o estrategia desde el punto de vista redistributivo.

Nivel 3: Casos especiales, como autopistas tarifadas, tarificación vial en ciudades, etc., donde el análisis en base disposición al pago es clave.

Tanto para los niveles 2) y 3), se propone comparar los resultados obtenidos mediante la estrategia señalada en cada caso, con los resultados de usar un valor del tiempo de viaje estándar.

- Se entregan a continuación los valores recomendados por el estudio para evaluar proyectos de transporte de escala media o pequeña (valores expresados en GBP de 2014). Estos valores fueron calculados bajo las siguientes premisas:
 - 1) El valor del tiempo de viaje ha de calcularse según el modo de transporte;
 - 2) El valor del tiempo de viaje ha de calcularse en función del propósito de viaje;
 - 3) El valor del tiempo de viaje ha de calcularse en base al primer juego de PD (compromisos entre tiempo de viaje y costo para elección de ruta según modo reportado por el encuestado);
 - 4) El valor del tiempo de viaje ha de calcularse en base a un supuesto ahorro de 10 min de viaje, replicando el argumento ofrecido en el estudio danés;
 - 5) Para los viajes por propósito no-trabajo, el valor del tiempo de viaje se calcula bajo el supuesto que todas las personas disponen del ingreso promedio (opción 2) en función de la distancia del viaje;
 - 6) Para los viajes por propósito trabajo, el valor del tiempo de viaje se calcula usando la opción 1; es decir, promediando los valores del tiempo de viaje en función del ingreso personal y en función de los viajes realizados;
 - 7) Los valores por motivo trabajo se basan en las encuestas de PD respondidas por las personas que reportaban un viaje por tal motivo.
 - 8) Los valores que se entregan en la Tabla 27 se recomiendan para su aplicación a la evaluación social de proyectos de nivel 1.

Tabla 27: Reino Unido – Valor social del tiempo, proyectos de pequeña y mediana escala (£/hr)

		Viajes habituales	Otros motivos	Motivo trabajo				
Modos	Distancia	Todos los modos	Todos los modos	Todos los modos	Auto	Bus	Otros modos TP	Tren
Todos los modos	Todos	11,21	5,12	18,23	16,74	-		27,61
	<20							
	millas	8,27	3,62	8,31	8,21	-		10,11
	20 a 100						8,33	
	millas	12,15	6,49	16,05	15,85	-		28,99
	>= 100							
	miles		9,27	28,62	25,74	-		

Fuente: Arup et al. (2015)

- Al revisar el valor del tiempo de viaje promedio, independiente de la distancia viajada, el mayor valor corresponde al motivo trabajo; el segundo al propósito *commute* y el menor valor, a todos los demás motivos de viaje. Al segregar por distancia, la relación se mantiene para viajes entre 20 y 100 millas y para viajes mayores a 100 millas. Para viajes menores a 100 millas, el valor del tiempo de viaje por motivo *commute* está muy cerca del valor por motivo trabajo.
- Las siguientes tablas (28 a 31) entregan los multiplicadores de los restantes atributos como múltiplos del valor del tiempo de viaje.

Tabla 28: Reino Unido – Multiplicadores VTV por motivo de viaje, modo auto

		Viajes habituales	Trabajo	Otros
Auto	Confiabilidad	0,33	0,42	0,35
	flujo libre	0,51	0,42	0,47
	congestión baja	0,72	0,68	0,83
	Congestión alta	1,37	1,26	1,89

Fuente: Arup et al. (2015)

Tabla 29: Reino Unido – Multiplicadores VTV por motivo de viaje, modo bus

		Viajes habituales	Trabajo	Otros
Bus	Llegada temprano	-2,69	-	-3,2
	Llegada Tarde	2,88	-	2,52
	Asientos libres, sin necesidad de sentarse junto a alguien	0,85	-	0,83
	Pocos asientos disponible	0,89	-	0,84
	Muy pocos asientos disponibles. Si alguien viaja acompañado, alguna de estas personas viaja parada	1	-	1
	Sin asientos disponible, poca gente de pie	1,24	-	1,3
	Sin asientos disponible, muchas gente de pie	2,14	-	2,32
	Flujo libre	0,99	-	1,22
	Value of slow down	1,39	-	1,36
	Tiempo de espera	0,68	-	1,57
	Tiempo entre servicios	1,68	-	1,6

Fuente: Arup et al. (2015)

Tabla 30: Reino Unido - Multiplicadores VTV por motivo, otros modos transporte público

		Viajes habituales	Trabajo	Otros
Otros modos transporte público	Llegada temprano	-2,4	-1,66	-2,98
	Llegada tarde	1,75	1,95	2,24
	Asientos libres, sin necesidad de sentarse junto a alguien	0,95	1	1
	Pocos asientos disponible			
		0,97	1	1
	Muy pocos asientos disponibles. Si alguien viaja acompañado, alguna de estas personas viaja parada			
		1	1	1
	Sin asientos disponible, poca gente de pie	1,13	1,17	1,1
	Sin asientos disponible, muchas gente de pie	1,7	1,78	1,87

Fuente: Arup et al. (2015)

Actualización del valor del tiempo en el tiempo

- Se recomienda actualizar el valor del tiempo de viaje en proporción directa al PIB per cápita.

Tabla 31: Reino Unido - Multiplicadores VTV por motivo de viaje, tren

		Viajes habituales	Trabajo	Otros
Tren	Llegada temprano	-1,77	-1,55	-2,34
	Llegada tarde	2,86	2,76	3,21
	50% de asientos ocupados	0,73	0,75	0,72
	75% de asientos ocupados	0,79	0,76	0,72
	100% de asientos ocupados	1	1	1
	Un pax sentado por m2	1,09	1,13	1,14
	Tres pax sentados por m2	1,31	1,36	1,39
	0,5 pax de pie por m2	1,16	1,29	1,21
	1 pax de pie por m2	1,19	1,38	1,27
	2 pax de pie por m2	1,32	1,56	1,57
	3 ppax de pie por m2	1,57	1,61	1,79
	4 pax de pie por m2	1,86	2,03	2,17

Fuente: Arup et al. (2015)

2.8 Noruega (2018-20)

Noruega realizó un nuevo estudio del valor del tiempo en 2018-2020, que incorporó nuevas preguntas de investigación sobre el valor del tiempo de viaje. En idioma inglés, solo se ha reportado un resumen ejecutivo del estudio (TOI, 2020), que describe el estudio a grandes rasgos, sin entrar en detalles en temas de diseño de muestra, reclutamiento de personas y modelación. El resumen ejecutivo entrega también varias tablas de resultados.

Tamaño de muestra y método de recolección de información

- La recolección de información tuvo lugar en los años 2018 y 2019.
- Las personas encuestadas fueron reclutadas de tres maneras: (i) panel en línea, (ii) directorio de correos electrónicos, propiedad de la empresa postal BRING y (iii) puntos de interceptación (paraderos y estaciones de transporte público, a bordo de vehículos de transporte público y en la calle). Estas últimas personas podían ser encuestadas en el mismo instante si así lo deseaban; de lo contrario, respondías la encuesta en otro momento.

- La Tabla 32 muestra la distribución de personas encuestadas por modo de transporte.

Tabla 32: Personas encuestadas por modo

Modo	Personas
Auto - chofer	5.200
Auto - pasajero	1.156
Tren	1.113
Metro	552
Tranvía	290
Buss	1.343
Bicicleta	1.141
Caminata	648
Aéreo	914
Lancha de pasajeros	628
Ferry	512
Total	13.497

- Los datos para estimar modelos provinieron de encuestas de PD; no se modeló con información de PR argumentando la dificultad para obtener buena calidad de datos.

Diseño experimental

El valor del tiempo de viaje en vehículo se estimó a partir de un primer juego de encuestas de PD con solo dos atributos, costo y tiempo de viaje. Los valores de los demás factores relacionados con el tiempo de viaje se estimaron como multiplicadores del valor del tiempo de viaje a partir de otros juegos de encuestas de PD que incluyeron un tercer atributo.

Modelación y resultados

- El estudio noruego permitió estimar los siguientes valores:
 - Tiempo de viaje en vehículo para todos los modos motorizados.
 - Valor del tiempo de caminata (como modo de transporte) y de bicicleta en función de la calidad de la infraestructura
 - Transporte público: valores del tiempo de acceso, tiempo de espera, tiempo de transferencia y penalidad por transbordo. Consideró además la calidad del tiempo de espera

- Confiabilidad (incluyendo el riesgo de cancelación del servicio)
- Valor del tiempo de viaje en vehículo según los estados de tráfico
- Valor del tiempo de viaje en vehículo en función del hacinamiento y de la posibilidad de viajar sentado o no
- Modo aéreo: consideró valor del tiempo de acceso y penalidad por transbordo
- Ferry: valor de los tiempos de espera e incertidumbre
- Este estudio además investigó cómo el valor del tiempo de viaje puede evolucionar en el tiempo, en función de las nuevas tecnologías que posibilitan realizar actividades durante el viaje que antes eran impensadas. En particular, incluyó encuestas de PD bajo el supuesto de la existencia de vehículos autónomos. Estos análisis permiten estudiar si el valor del tiempo de viaje aumenta o disminuye en el tiempo en función de la irrupción de nuevas tecnologías.
- Tal como en el estudio holandés, las personas reclutadas a través del panel en línea ostentan un menor valor del tiempo de viaje; por lo tanto, la ponderación de estas observaciones en la estimación del valor del tiempo de viaje es menor al que corresponde a las personas reclutadas con métodos alternativos.
- En relación al crecimiento del valor del tiempo de viaje en el tiempo, el estudio constata que este crece aproximadamente en la misma proporción que el ingreso.
- El ejercicio de PD asociado a vehículos autónomos arroja como resultado una disminución del valor del tiempo de viaje del 30 por ciento.
- En las tablas a continuación, se reportan algunos resultados del estudio. Como es habitual, los valores se reportan por combinación modo/propósito para tres bandas de distancia, viajes hasta 70km, viajes entre 70km y 200km y viajes de más de 200km.
- Destacan los altos valores del tiempo de viaje por motivo negocios.
- En cuanto al valor de la confiabilidad en el tiempo de viaje, un aumento de un minuto en la desviación estándar del tiempo de viaje se valora en un 40 por ciento del valor del tiempo de viaje en vehículo para todos los modos de viaje, independientemente del propósito y la distancia de viaje.

Tabla 33: Valor del tiempo auto, por propósito y banda de distancia (NOK/hr)

Propósito del viaje		Bajo 70 km	70 - 200 km	Más de 200 km
Auto – chofer	Negocios	512	524	631
	Habituales	93	232	316
	Ocio	77	130	187
	Todos*	167	182	223
Auto - acompañante	Negocios	395	470	470
	Habituales	55	83	83
	Ocio	71	134	134
	Todos*	88	139	139

*Promedio ponderado

Tabla 34: Valor del tiempo transporte público, por propósito y distancia (NOK/hr)

Propósito del viaje		Bajo 70 km	70 - 200 km	Más de 200 km
Bus	Negocios	450	447	447
	Habituales	79	170	170
	Ocio	56	94	94
	Todos*	75	118	132
Tren	Negocios	451	391	419
	Habituales	108	183	233
	Ocio	94	120	150
	Todos*	109	162	193
Metro / tranvía	Negocios	478	-	
	Habituales	79	-	
	Ocio	71	-	
	Todos*	86	-	
Lancha de pasajeros	Negocios	438	357	357
	Habituales	105	169	169
	Ocio	83	108	108
	Todos*	112	164	164
Avión	Negocios	-	792	792
	Habituales	-	450	450
	Ocio	-	267	267
	Todos*	-	495	495

*Promedio ponderado

2.9 Nueva Gales del Sur (Australia)

- El estado de Nueva Gales del Sur realizó dos estudios de PD para estimar el valor del tiempo de viaje en transporte público (tren, tren liviano, bus y ferry) y automóvil. La finalidad de estos estudios fue validar empíricamente los valores del tiempo de viaje adoptados por el estado en la evaluación social de proyectos de transporte.
- La primera encuesta, respondida por usuarios de transporte público, se realizó en los años 2013 y 2014, considerando como atributos al tiempo de viaje, tiempo de espera, y calidad de las estaciones y de los vehículos (Legaspi y Douglas, 2015).
- La segunda encuesta, respondida por automovilistas, se realizó en 2015 (Douglas y Legaspi, 2018) y consideró los atributos tiempo y costo, en un primer juego, y los atributos tiempo, *confiabilidad* y costo en un segundo juego.
- Este estudio confirmó que el rango de valores del tiempo obtenidos, estaba alineado con los que utilizaba el estado de Nueva Gales del Sur para evaluación social de proyectos de transporte.
- Desde el punto de vista del estado del arte, no se observan innovaciones en materia de diseño experimental ni en materia de modelación econométrica; aún más, en ambas encuestas se observa un estado de la práctica propio de los años 90.
- La Tabla 35 entrega un resumen de los resultados.

Tabla 35: Nueva Gales del Sur – Valores del tiempo de viaje (AUD 2015/hr)

Propósito	Auto	Transporte Público
Viajes Habituales	16,58	12,38
Otros motivos	14.4	8,66

Fuente: Douglas y Legaspi (2018)

2.10 Discusión

En esta sección se discuten las principales características de los estudios revisados. Un rasgo a destacar es la presencia de un grupo de académicos europeos cuyos nombres se repiten en más de un estudio, ya sea en un rol principal, en un rol de colaborador o como contraparte asistiendo a la agencia que contrataba el estudio. Probablemente ello influya en la convergencia metodológica que se observa, tanto en el diseño de las encuestas de PD como en la modelación misma. Se trata de una comunidad académica pequeña con un alto grado de concordancia sobre cómo llevar a cabo un estudio de esta naturaleza.

Algunos de los nombres que se repitan en más de un estudio son:

- Kay Axhausen, ETH Zürich
- John Bates, John Bates Consulting
- María Borjesson, KTH Royal Institute of Technology
- Andrew J. Daly (RAND Europe & University of Leeds)
- Jonas Eliason, KTH Royal Institute of Technology
- Mogens Fosgerau (Danish Technical University)
- Stephane Hess, University of Leeds
- Peter J. Mackie, University of Leeds

2.10.1 Evolución en el tiempo de los diseños de encuestas de Preferencias Declaradas (PD)

Previo a los grandes Estudios Nacionales comentados, en Europa (y particularmente en Gran Bretaña) existía una tradición de estimar el valor del tiempo mediante estudios de preferencia reveladas (PR) muy particulares, en que se buscaba situaciones en que naturalmente se daba una elección entre una ruta (típicamente) más larga y menor costo, y otra ruta más corta pero con algún peaje o costo mayor (Gunn et al., 1980).

Posteriormente, e iniciando una tradición de más de treinta años (MVA et al., 1987), comenzaron a realizarse estudios de PD con simples compromisos entre tiempo de viaje y costo. Se pensaba que recurriendo al uso de simples encuestas de PD, se podría estimar el valor del tiempo de viaje con alta precisión. Con datos de PR, según la lógica de ese entonces, la estimación del valor del tiempo de viaje podría estar afectada por los problemas de colinearidad entre variables explicativas, limitado rango de variación de estas y errores de medición. Se postulaba que los datos de PD permitirían evitar todos estos problemas. Si bien ello es cierto, las encuestas de PD también presentan problemas, entre otros el grado de compromiso del encuestado con sus respuestas y, más complejo aún, los potenciales sesgos introducidos¹⁵ por ser encuestas de naturaleza hipotética.

¹⁵ Algunos de los sesgos típicos son estos (MVA et al., 1987): (i) sesgo de afirmación: la tendencia a responder, de parte del encuestado, de manera tal que se coincida con el encuestador y/o analista; (ii) sesgo de no restricción en la respuesta: la tendencia del encuestado a ignorar aspectos que incidan negativamente en la decisión en la vida real, que inducen a entregar una respuesta que no representa el comportamiento real; (iii) sesgo de racionalización: opera en el sentido contrario al sesgo anterior e induce a preferir alternativas lo más similares a la alternativa disponible en la vida real y (iv) el sesgo de política: la tendencia a comportarse de manera estratégica a fin de afectar la toma de decisiones.

No obstante, la excesiva simpleza de estos estudios de PD se convierte también en una debilidad, pues se generan escenarios de elección hipotética poco realistas (de laboratorio). Así, los estudios de PD realizados en los últimos 15 años incorporaron, paulatinamente, nuevos rasgos a fin de incrementar su realismo. A pesar de que ello genera una mayor carga cognitiva para quien responde, al incrementarse el realismo las respuestas entregadas por los encuestados serán más comprometidas y, en consecuencia, más confiables. En esta línea, los estudios suizo y danés fueron pioneros y muy influyente en todos los Estudios Nacionales realizados posteriormente. El estudio danés también consideró la regularidad de los tiempos de viaje y su desagregación en distintos componentes (tiempo en vehículo, espera, acceso, etc.) en el diseño de las encuestas de PD.

En cuanto a otras variables en el diseño de las encuestas de PD, el estudio holandés y el estudio alemán incluyeron los atributos 'llegada temprana a destino' y 'llegada tarde a destino', como alternativas a la presentación de otras formas de considerar la regularidad en los tiempos de viaje. El estudio británico, por su parte, incluyó el hacinamiento en modos de transporte público.

Otro rasgo característico de los estudios nacionales europeos iniciales, fue basar la encuesta de PD en ejercicios o situaciones de elección de ruta. Según se decía, las personas tienen muy poca disposición a cambiarse de modo y, por lo tanto, se temía que muchas personas eligieran simplemente la opción modal que correspondía a su opción de PR; en otras palabras, una persona que elegía auto para sus viajes, difícilmente estaría dispuesta a elegir un modo de transporte público en PD y viceversa.

En una elección de ruta, por el contrario, los encuestados estarían más predispuestos a 'jugar' con los tiempos y costos de viaje, y así revelarían su disposición al pago. Una vez más, los estudios suizo y danés innovaron, incorporando un juego de PD con elección de modo, además de los juegos de PD de elección de ruta tradicionales. Pero el estudio más audaz e innovador, en este sentido, ha sido el alemán.

También se observa una tendencia creciente a incorporar datos de PR; ello ocurre en el estudio holandés, alemán, y en el británico. El primero y el segundo considera el dato de PR en relación a los posibles modos alternativos de viaje; el tercero solo para aquellos casos de usuarios ferroviarios donde existía la posibilidad de abordar un segundo servicio más rápido y de menor costo que el primero, y el tercero solo viajes interurbanos entre modos de transporte público. En relación al estudio alemán, los artículos disponibles en inglés no dan cuenta del uso que se hizo de la información de PR. En el estudio holandés y británico, los resultados obtenidos con datos de PR no fueron satisfactorios y, por lo tanto, fueron descartados. En todos los casos, desgraciadamente, no se midió con precisión los valores de las variables de servicio.

Vale la pena mencionar, como un ejemplo a guardar en consideración, un estudio austríaco¹⁶ del valor del tiempo de viaje por motivo al trabajo, en donde se combinaron los datos de PD con PR utilizando una forma de modelar relativamente sofisticada (Schmid et al., 2019). En este caso en particular, los datos de PR fueron un aporte a la modelación.

El estudio suizo y el estudio alemán dieron otros pasos novedosos. El primero consideró una elección entre destinos para un viaje por motivo compras, arrojando un valor del tiempo inusualmente alto. Si bien ello parece erróneo a primera vista, bien podría ser un efecto asociado a la naturaleza del experimento de PD, donde en lugar de considerar una elección de ruta o modo, se trató de una elección de destino. El estudio alemán, a su vez, consideró elecciones de puesto de trabajo y vivienda, donde el tiempo de viaje era una variable relevante¹⁷.

2.10.2 Datos de preferencias declaradas versus datos de preferencias reveladas

En el numeral anterior, mencionamos una razón de índole práctico para preferir estudios de PD sobre estudios de PR. Otra ventaja potencial, desde el punto de vista práctico, es el ahorro en el esfuerzo de determinar, con precisión, los atributos de las distintas rutas o modos de viaje en caso de modelar con datos de PR.

En este numeral hacemos mención a un tópico de naturaleza diferente. Los datos de PR tienen la gran ventaja de basarse en la conducta observada de las personas al efectuar sus decisiones económicas. Si al analizar estos datos, estos cumplen con ciertos criterios de racionalidad, será posible estimar curvas de demanda por bienes o servicios que proveerán valiosa información para la evaluación social de proyectos.

Por el contrario, los datos de PD pueden estar sujetos a una serie de potenciales sesgos que no son propios de la vida real, sino que de su naturaleza de ‘laboratorio’. Por ejemplo, el valor del tiempo de viaje podría resultar muy alto si una alternativa hipotética resulta ser más lenta con respecto a una alternativa de referencia de la vida real, o muy bajo en caso contrario. Y esto se debería solo al efecto *punto de partida* o *punto de referencia* inducido por la encuesta de PD (Sugden, 2005). Este efecto surge por el simple hecho que la gente, en el muy corto plazo, se aferra a un punto de referencia que la lleva a sobrestimar la magnitud de las pérdidas y a subestimar la magnitud de las ganancias. Con datos de PR, este efecto se diluye. Por otro lado, podría existir algún tipo de comportamiento estratégico si

¹⁶ Como no se trata de un estudio nacional del valor del tiempo de viaje, este estudio es reportado en este documento. El estudio solo estima el valor del tiempo de viaje por propósito ‘viaje al trabajo’; los valores del tiempo para otros propósitos de viaje no son estimados.

¹⁷ No hemos encontrado documentos que reporten los resultados de estos modelos.

los encuestados asumiesen que sus respuestas serán utilizadas para la toma de decisiones en materia de políticas públicas (*sesgo de política*). Una buena discusión de los distintos sesgos que pueden afectar a los experimentos de PD, y un fuerte llamado a realizar un diseño extremadamente cuidadoso del experimento si se desea obtener resultados razonables, se puede encontrar en Ortúzar y Willumsen (2011, Cap. 3).

Así, una conclusión importante nos parece recomendar la utilización de datos de PR en todos aquellos casos donde sea posible hacerlo (esto es cuando hay dos o más modos o rutas que compiten, con diferentes características que posibilitan que los viajeros realicen compromisos entre tiempo y dinero), pero siempre midiendo las variables de servicio con extrema precisión. Por otro lado, cuando hay viajeros cautivos (por ejemplo, viajes en avión entre Santiago y Punta Arenas) y no hay posibilidad de compromiso, o cuando hay variables que parecen importantes que no tienen variación (por ejemplo, comodidad, regularidad, confiabilidad, seguridad) en la realidad, entonces parece ineludible recurrir a ejercicios de PD, pero estos deben ser realizados con un diseño muy cuidadoso.

2.10.3 Modos de viaje

No existe una armonización de los modos de viaje entre los distintos estudios. A grandes rasgos los modos considerados son auto¹⁸, bus y tren. En algunos casos, los dos últimos modos se engloban en el modo transporte público. El modo tren es diverso, dado que en algunos países existen trenes de cercanía, trenes de larga distancia y metro. En algunos estudios también se consideró el modo tranvía como modo de transporte público.

El modo avión es considerado en los estudios realizados en Alemania, Holanda y Noruega. Los demás estudios nacionales no consideraron este modo para la estimación del valor del tiempo de viaje. Finalmente, tanto el estudio realizado en Alemania como el de Noruega (2018-2020) incluyeron de manera explícita el uso de caminata y bicicleta (modos activos) en el estudio del valor del tiempo de viaje, aunque estos valores no están reportados. El estudio británico excluyó estos modos de viaje; de hecho, se hizo un intento por considerarlos, pero no resultó.

2.10.4 Propósitos de viaje

Todos los estudios revisados intentan modelar el valor del tiempo de viaje en función de su propósito. La típica caracterización es: viajes habituales, otros motivos y viajes de negocio (o de trabajo). Un número considerable de viajes, sobre todo en áreas urbanas, corresponden a viajes al trabajo y al estudio, que son viajes de naturaleza regular

¹⁸ Dinamarca considera, en particular, el modo auto acompañante como modo distinto a auto chofer.

(*commuting trips* en idioma inglés). Los viajes por otros motivos incluyen trámites, compras, salud, acompañar a familiar, visitas (amigos, familiares), deporte y entretenimiento (ocio). Hay un foco especial en los viajes habituales, dado que ocurren en las horas en que el sistema de transporte está más tensionado y, por lo tanto, las demoras de viaje son mayores.

Los viajes por motivo de trabajo o negocios, no son considerados en todos los estudios. Cuando no son considerados, se debe a que se adopta el *criterio de la tasa salarial*. Según este criterio, el costo asociado a un viaje realizado en horas de trabajo, está dado por la productividad perdida debida al hecho que la persona esté viajando en lugar de estar produciendo. El estudio danés y el estudio sueco no consideraron viajes por motivo trabajo.

Si se consideran los viajes por motivo trabajo, la disyuntiva reside en quien debe ser encuestado: ¿el empleador o el empleado? A modo de ejemplo, el estudio británico encuestó a los empleados y a empleadores y el estudio alemán, solo a los empleados.

Un punto relevante que se discute en la literatura y que parece generar más ruido que consenso, es el llamado *Enfoque Hensher*¹⁹, donde el beneficio debido al ahorro de tiempo de viaje por motivo trabajo, está dado por una ecuación que incluye el beneficio del empleador (ganancia de productividad medida por el salario horario) más el beneficio del empleado (ganancia de utilidad medida por la disposición al pago de quien realiza el viaje). El Enfoque Hensher, como tal, no se deriva de una ecuación de maximización de bienestar individual o beneficio empresario; se trata de una ecuación *a priori* que no se deriva a partir de un planteamiento microeconómico (sección 5.7).

La Tabla 36 muestra los valores del tiempo de viaje reportados según distintos propósitos.

Tabla 36: Propósitos para los que se reporta VTV en estudios nacionales

País	Viajes Habituales	Al trabajo	Educación	Maintenance	Compras	Ocio	Otros viajes	Negocios
Suiza	√				√	√		√
Dinamarca		√	√	√		√		
Suecia	√						√	
Noruega		√					√	√
Holanda	√						√	√
Alemania		√	√		√	√		√
Reino Unido	√						√	√

El signo √ indica que el estudio reporta un valor del tiempo según el propósito de la columna. Solo Holanda adopta el *enfoque Hensher* para viajes de negocios; el resto usa el enfoque de disposición al pago.

¹⁹ El enfoque Hensher consiste en aplicar una ecuación tal como la que se describe en la sección 2.5, acápite modelación y resultados, segunda viñeta.

Se observan dos modalidades en relación a los viajes por propósito no trabajo. Algunos países (Holanda, Reino Unido y Suecia) adoptan simplemente las categorías 'viajes habituales' versus 'otros viajes'. El resto de los países adopta una categorización más fina. En cuanto a los viajes por motivo trabajo o negocios, los estudios nacionales de Dinamarca y Suecia no los consideraron en su trabajo de campo; el valor del tiempo en estos casos fue considerado según el enfoque de la tasa salarial. El resto de los estudios nacionales midieron el valor del tiempo por motivo negocios según el método de la disposición al pago. Solo Holanda adopto el *enfoque Hensher*.

2.10.5 Estimaciones de disposición al pago por atributos

Los estudios nacionales del valor del tiempo de viaje obtienen valores de la disposición al pago por varios atributos, no solo el valor del tiempo de viaje.

El estándar consiste en estimar disposiciones a pagar por los siguientes atributos:

- Tiempo de viaje (tiempo de viaje en vehículo, espera, acceso, egreso, transbordo)
- Número de transbordos
- Confiabilidad en el tiempo de viaje²⁰
- Comodidad/hacinamiento

Los valores de la disposición al pago en muchos casos se estiman en función del modo / propósito de viaje.

En cuanto al valor del tiempo de viaje en vehículo, suele ser estimado en función de los estados de tráfico y solo Dinamarca estimó también el valor del tiempo de viaje por búsqueda de estacionamiento.

2.10.6 Tamaños de muestra y cuotas por segmentos

Ninguno de los estudios reportados explica cómo se determinó el tamaño de la muestra ni las cuotas por segmentos en función de los modos de viaje, propósito de viaje, distancia de viaje, ingreso, edad y profesión de las personas.

Solo el estudio británico (Arup et al., 2015, pág. 251) señala que según el Departamento de Transporte, se debería contar con al menos 300 encuestas por segmento y de manera ideal con 1.000 encuestas.

Una fórmula útil para el cálculo del tamaño de muestra es la siguiente (Smith, 1979):

²⁰ Este valor es considerado para el modo avión en aquellos estudios que incluyen este modo de viaje.

$$n = \frac{CV^2 \cdot Z_{\alpha}^2}{E^2}$$

donde CV es el coeficiente de variación de la variable en estudio, E es el nivel de precisión (expresado como una proporción) y Z_{α} es el valor de la distribución Normal para un nivel de confianza α . Si se toma un nivel de confianza del 90 %, con un margen de error del 5% y un coeficiente de variación igual a 1 (es decir, la desviación estándar del valor del tiempo es igual al valor del tiempo promedio poblacional), el tamaño de muestra por segmento debería ser $(1,96/0,05)^2 = 1.536$ encuestas por segmento.

Suponer un CV igual a 1 es colocarse en un caso muy desfavorable, probablemente irrealista. Por ejemplo, si las personas que usan principalmente el transporte público son de bajo ingreso y las personas que usan el modo auto son de alto ingreso, el CV correspondiente a los primeros será menor y, por lo tanto, también será menor el tamaño de muestra. Si las distribuciones del valor del tiempo de viaje de las personas de bajos y altos ingresos poseen respectivamente un CV de 0,1 y 0,5, los tamaños de muestra serían solo 16 y 385 respectivamente.

Si, además, se pretende representatividad por modo, rango de distancia y propósito de viaje, los tamaños de muestra total se incrementarán. No obstante, cabe la posibilidad que cuantos más segmentos se consideren, menor sea el valor del CV al interior de cada segmento y, por lo tanto, el tamaño de muestra total crezca menos que proporcionalmente con el total de segmentos.

Con las siguientes combinaciones de modo (auto vs transporte público) / propósito de viaje (habituales, negocios, otros) / ingreso (tres bandas) / distancia de viaje (dos bandas), tendríamos 36 categorías. Si en promedio se requieren 150 viajes por categoría, el tamaño total de muestra ascendería a 5.400 personas. Claramente la precisión estadística deberá estar sujeta al presupuesto disponible.

La Tabla 37 muestra los tamaños de muestra, método de reclutamiento y forma en que los encuestados enviaban sus respuestas a las encuestas de PD²¹. En relación al tamaño de muestra, todos los países superan holgadamente las 3.000 encuestas (excepto Suiza) y tres de ellos superaron las 8.000 encuestas²².

²¹ Estos dos últimos puntos se tratan en el siguiente numeral.

²² Holanda supera las 8.000 encuestas, pero debe recordarse que las encuestas del año 2011 debieron realizarse por los problemas encontrados al modelar las respuestas a las encuestas del año 2009.

Tabla 37: Tamaño de muestra, método de reclutamiento y vía de respuesta

País	Tamaño Muestral	Reclutamiento	Respuesta PD vía
Suiza (2002)	1.191	Telefónico	Correo postal
Dinamarca (2005)	5.797	Sin información	Sin información
Suecia (2007 y 2008)	4.581	Directorios telefónicos de dueños de vehículos y sitios de alto tráfico de pasajeros (transporte público)	Internet y telefónica
Noruega (2007-2010)	9.280	Panel en línea	Sin información
Holanda (2009)	5.760	Panel en línea	Internet
Holanda (2011)	3.650	Sitios con alto tráfico de usuarios	Internet
Alemania (2012)	3.242	Telefónico	Internet y correo postal
Reino Unido (2014-2015)	8.623	Sitios con alto tráfico de usuarios y telefónico	Internet y telefónica
Noruega (2018-20)	13.497	Panel en línea, directorio de correos electrónicos y sitios con tráfico de usuarios	Sin información

Fuente: elaboración propia

2.10.7 Reclutamiento de los encuestados y medio de respuesta en encuestas PD

Los encuestados en los Estudios Nacionales europeos, suelen ser interceptados en puntos de circulación de viajeros o reclutados vía telefónica o través de directorios específicos, como un registro de conductores de automóviles. En el primer caso, son interceptados por un encuestador, se les hace una pequeña encuesta donde reportan un conjunto de datos básicos y, en base a este, se determina si la persona es candidata a responder la encuesta, en función de ciertas cuotas previamente establecidas. Las encuestas se suelen enviar a través de un enlace web, o por correo, para ser devueltas por el mismo medio.

También se contacta a las personas a través de directorios telefónicos; en este caso, se realizan preguntas filtro y se las invita a participar en la encuesta. El estudio británico reclutó al 89% de los encuestados en puntos de interceptación y el resto mediante reclutamiento telefónico, a fin de cubrir cuotas que fueron difíciles de observar en los puntos de interceptación. El estudio alemán reclutó a todos sus encuestados (salvo los viajeros por motivo negocios), por vía telefónica, con un 30% de éxito. En la sección 2.10.6, se entrega

una tabla con la caracterización del reclutamiento por país junto con el medio mediante el cual se responde la encuesta.

En cuanto al uso de paneles en línea, la experiencia holandesa alerta en cuanto a sus riesgos. Los modelos estimados arrojaron valores del tiempo de viaje muy bajos y ello derivó en la necesidad de encarar una nueva fase de toma de datos, con el costo en dinero y tiempo que ello genera. La razón esgrimida en tal sentido es que las personas que conforman estos paneles tienen mayor disponibilidad de tiempo y, por lo tanto, su valor del tiempo de viaje sería menor.

En cuanto a incentivos, el estudio alemán otorgó a los participantes que reportaban viajes por motivos distintos a negocios un ticket de lotería. El estudio del Reino Unido pago a cada participante £10 (un vale de Amazon o Boots o una donación a una organización benéfica) y hacia el final del estudio duplicó el monto a fin de cubrir ciertas cuotas de encuestas. También se le pagó un incentivo a los empleadores que respondieron la encuesta para viajes por motivo trabajo.

Un estudio español, que revisaremos más adelante (Román et al., 2014), es interesante en ese sentido, ya que allí se encuestó a toda la muestra – con el apoyo de laptops – en estaciones y aeropuertos, aprovechando los tiempos de espera usuales en viajes interurbanos. Si esto no es posible, la técnica de contactar al encuestado en el terminal o modo, realizar una corta encuesta de clasificación (en que sólo se consulta, origen, destino, propósito, modo y se anotan características directamente observables, como sexo y edad), para luego entregar la encuesta – para que sea devuelta por correo, o (mejor en estos días) un enlace para que se pueda contestar en línea posteriormente, funciona muy bien. Adecuadamente diseñada, y con un razonable incentivo (por ejemplo, rifar un viaje - o producto - que resulte atractivo, entre quienes contestan la encuesta completa), resulta en tasas de respuesta superiores al 25% (Ortúzar y Willumsen, 2011, Cap 3).

2.10.8 Diseño estadístico de las encuestas de PD

El estándar establecido por el estudio británico es el diseño pivoteado a partir de un viaje reportado por el encuestado, haciendo uso de diseños estadísticos Bayesianos D-eficientes (Bliemer y Rose, 2009; Rose y Bliemer, 2009). En general se utilizan las encuestas piloto para estimar los valores *a priori* de parámetros requeridos para los diseños eficientes.

Un problema interesante es la necesidad de considerar la existencia de personas con muy altos valores del tiempo, a fin de estimar la cola derecha de la distribución del mismo. Para ello, es necesario que el rango de variación de los valores del tiempo ofrecido sea lo suficientemente amplio. De lo contrario, aumenta la posibilidad de observar un gran número de encuestados que eligen siempre la alternativa de menor tiempo de viaje.

También podría ocurrir que numerosos encuestados elijan la alternativa de menor costo; en tal caso, debe existir la posibilidad de discriminar entre bajos valores del tiempo. La presencia de numerosas personas que eligen solo en base a un atributo, da origen al problema de los no-negociadores (*non-traders*); ello disminuye la precisión con que es posible estimar el valor del tiempo, tanto en su valor puntual como en su distribución en la población, en caso de utilizarse parámetros aleatorios.

2.10.9 Modelación del valor del tiempo de viaje

Los rasgos destacados en cuanto a modelación son los siguientes:

1. Para estimar valores del tiempo de viaje por modo, la práctica es formular modelos diferentes por modo y propósito de viaje. En función del modo y propósito de viaje reportado en la fase de reclutamiento de la encuesta, se pivotea el diseño de la encuesta de PD. De esta manera, se estiman modelos (de elección de ruta y de elección modal) separados para los usuarios que reportaron un viaje en automóvil y para los usuarios que reportaron un viaje en transporte público. Detrás de ello está el supuesto de auto-selección: las personas con mayor valor del tiempo de viaje eligen el modo automóvil y las personas con menor valor, el modo transporte público.
2. Esta estrategia de modelación es *distinta* a considerar un único modelo, donde el valor del tiempo de viaje difiere por modo, pero es independiente del modo elegido en la situación de viaje de referencia (o pivoteo). Cuando se procede de esta forma, el resultado típico es una mayor disposición al pago por reducir un minuto de tiempo de viaje en transporte público que en automóvil privado. Este resultado suele atribuirse al efecto *confort*: el mayor valor del tiempo de viaje en transporte público correlaciona con el menor nivel de comodidad que este modo ofrece.
Volviendo a la estrategia de modelación por modos de transporte, también se estiman modelos por propósito de viaje; es decir, modelos para automovilistas, por ejemplo, pero distintos para el motivo de viaje al trabajo, otros y negocios. En algunos casos, esta modelación resulta estadísticamente significativa; en otros casos, no.
3. Otra característica observada en la modelación, es la interacción continua (dejando de lado el uso de variables policotómicas) entre las variables de gusto (o atributos de los modos), y la distancia del viaje e ingreso de la persona. Estas formulaciones no lineales permiten estudiar la elasticidad del parámetro de interés (y del valor del tiempo de viaje) en función de cualquiera de las cuatro variables mencionadas. También se proponen formulaciones que permiten estimar si el valor del tiempo depende de la magnitud del ahorro de tiempo; volveremos sobre este punto más abajo.
4. En cuanto al valor del tiempo de viaje según la distancia de viaje, solo cuatro estudios reportaron valores por rango de distancia. Los estudios de Suecia y Noruega (2007-

2010) reportaron valores del tiempo de viaje según se si se trataba de viajes menores o mayores a una distancia de 100 km. El estudio realizado en el Reino Unido consideró tres rangos de distancia para reportar valores del tiempo: menos de 20 millas, entre 20 y 100 millas y más de 100 millas. Por último, el estudio de Noruega (2018-2020) entrega valores del tiempo de viaje para tres bandas de distancia: menos de 70km, entre 70km y 200km y más de 200km. La información resumida se entrega en la Tabla 38.

Tabla 38: Estimación VTV en estudios nacionales por rango de distancia

País	Valor del tiempo de viaje según distancia	Bandas de distancia
Suiza (2002)	No	-
Dinamarca (2005)	No	-
Suecia (2007 y 2008)	Sí (dos bandas)	<100km >100km
Noruega (2007-2010)	Sí (dos bandas)	<100km >100km
Holanda (2009)	No	-
Holanda (2011)	No	-
Alemania (2012)	No	-
Reino Unido (2014-2015)	Sí (tres bandas)	< 20 millas; Entre 20 y 100 millas: > 100 millas
Noruega (2018-20)	Sí (tres bandas)	< 70 km; Entre 70 y 200 km: > 200 km

Fuente: Elaboración propia.

5. En algunos casos se modela el valor del tiempo de viaje en el espacio o dimensión de valores monetarios (*willingness-to-pay space*), obteniéndose una estimación del valor del tiempo en forma directa sin necesidad de recurrir a un cociente de variables que pueden ser aleatorias. Esto facilita la estimación del valor del tiempo, especialmente eligiendo funciones de distribución cuyo rango sean los números reales no negativos como, por ejemplo, la distribución log-normal. Esta práctica, no obstante, nos merece dudas ya que al imponer una distribución que no permita detectar casos “especiales” (o contra la intuición), impide/dificulta verificar si los datos puedan contener “*outliers*” o personas que no han respondido la encuesta en forma seria (Sillano y Ortúzar, 2005).

6. Una formulación que se ha vuelto usual, es la consideración del *efecto signo* y el *efecto magnitud* del ahorro de tiempo. Por efecto signo, se entiende la valoración del tiempo de viaje en función de si se trata de una ganancia o una pérdida, en relación a una situación de referencia desde el punto de vista del encuestado. El efecto magnitud es la valoración del tiempo de viaje en función de la magnitud del ahorro o pérdida del tiempo de viaje, bajo la hipótesis que pequeñas ganancias o pérdidas de tiempo de viaje podrían tener un valor igual a cero, o muy cercano a él.
7. En el estudio británico, la modelación incluyó también el uso de coeficiente aleatorios y parámetros de escala para estimar de manera conjunta los distintos juegos de preferencias declaradas por usuarios.

2.10.10 Expansión de los valores del tiempo de viaje

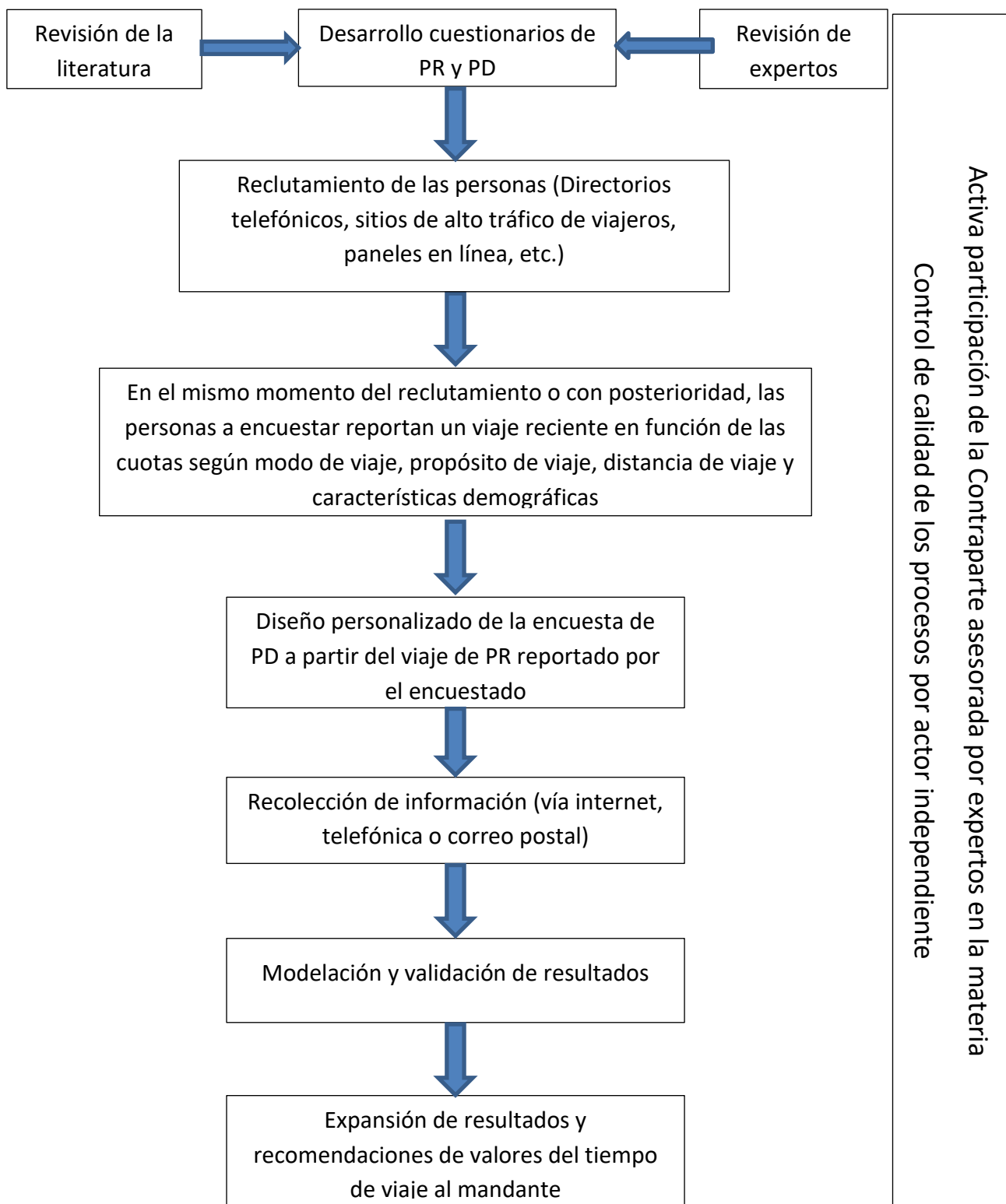
Para estimar valores del tiempo de viaje representativos a nivel nacional suele recurrirse a Censos o encuestas nacionales de viaje. Esto fue reportado así en los estudios de Suiza, Holanda, Alemania y el Reino Unido.

2.10.11 Diagrama de flujo desarrollo de estudios nacionales basados en trabajo de campo

La Ilustración 1 muestra un diagrama de flujo para visualizar el proceso completo de los estudios nacionales basados en un trabajo de campo. La idea fue tomada de un diagrama de naturaleza similar en Dubernet y Axhausen (2020).

Un aspecto a destacar en este diagrama es el cuadro de texto, a la derecha, que acompaña todo el proceso del estudio nacional. Es clave que el mandante sea asesorado por expertos en el tema y que exista un control de calidad a cargo de consultores contratados para supervisar y controlar la labor de los consultores a cargo del estudio. Este control de calidad debe abarcar los procesos asociados a la toma de datos (incluyendo el diseño estadístico y de la muestra), la confección del banco de datos, y la modelación y validación de resultados.

Ilustración 1: Diagrama de flujo del proceso de los estudios de campo



Fuente: Elaboración propia

2.10.12 ¿Puede el tiempo de viaje ser productivo o placentero?

La irrupción de nuevas tecnologías, principalmente teléfonos inteligentes y *tablets*, ha ido cambiando radicalmente la experiencia de viaje. Una persona con teléfono celular en un viaje de transporte público, puede ir avanzando trabajo, trámites personales o realizar actividades de ocio. Esto debería tener el efecto de hacer menos oneroso el costo de viajar.

Si el valor del tiempo se compone del desagrado de viajar y la pérdida de tiempo de ocio, con estas nuevas tecnologías parte de él se convierte en tiempo de ocio o tiempo productivo, generando un doble beneficio (de Jong y Kouwenhoven, 2019). Por ello un nuevo estándar en encuestas de valor del tiempo, es incluir preguntas sobre uso del tiempo mientras se viaja. Este punto fue levantado por el estudio holandés y también fue considerado en el estudio británico. Un buen ejemplo de esto es, nuevamente, el estudio español que discutiremos más adelante (Román et al., 2014). Dos referencias adicionales al respecto son Batley et al. (2020) y Wang y Hensher (2015).

Batley et al. (2020) muestran el tiempo (en minutos) que los viajeros por propósito negocios destinan a distintas actividades durante el viaje, a partir de los datos provenientes del Estudio Nacional del valor del tiempo de viaje del Reino Unido. Dada la posibilidad de hacer un uso intensivo de computadores o tabletas personales, la hipótesis era que el valor del tiempo de viaje, para viajes largos, disminuiría en el tiempo para los distintos propósitos de viaje. Esta hipótesis no se verifica en el estudio del Reino Unido: el valor del tiempo de viaje sube en el tiempo a pesar de la mayor disponibilidad de medios tecnológicos que permiten realizar actividades laborales y/o de ocio durante el viaje.

Dos puntos relevantes mencionados en Wang y Hensher (2015) en relación a este tópico son los siguientes. En primer lugar, si efectivamente disminuye el valor del tiempo de viaje producto de la posibilidad de hacer un uso productivo o placentero del tiempo de viaje, ello provocará una disminución del valor social de proyectos destinados disminuir los tiempos de viaje, especialmente en el caso de viajes de negocios. Por otro lado, dado que los modos de transporte público permiten un mejor aprovechamiento del tiempo de viaje que el automóvil privado, ello incrementará en términos relativos la rentabilidad de invertir en proyectos de transporte público, puesto que el costo del tiempo en estos modos sería menor y, por lo tanto, estos modos serían más preferidos por los usuarios.

2.10.13 Valor social del tiempo de viaje

Al revisar los estudios nacionales, la práctica habitual suele adoptar el mal llamado *valor de equidad* que no es tal (Sección 5.9). Este consiste en suponer que el valor social del tiempo de viaje es el valor del tiempo correspondiente a un individuo cuyo ingreso coincide con el ingreso promedio poblacional del país. Al respecto, el estudio británico adopta una

terminología más sensata y llama a este *valor estándar del tiempo de viaje*, reconociendo implícitamente que el valor social del tiempo es un concepto más complejo.

2.10.14 Valor del tiempo de viaje en auto por motivo viajes habituales - comparación

La Tabla 39 permite comparar los valores del tiempo de viaje por motivo de viaje habitual, para el modo auto, de las tablas anteriores. Como cada estudio calcula sus valores con un criterio particular, la comparación es, en el mejor de los casos, referencial y aproximada.

Tabla 39: Valor del tiempo por motivo habitual, auto (en monedas nacionales)

País	Valor hora	Moneda	Año del Estudio	CLP - 2020
Suiza	19,04	Franco Suizo	2002	16.929
Dinamarca	78	Corona Dinamarca	2007	11.354
Suecia	9,8	Euro	2008	10.094
Noruega	90	Corona Noruega	2009	9.586
Holanda	9,25	Euro	2011	9.296
Alemania	4,87	Euro	2012	4.774
RR.UU.	11,21	Libras Esterlinas	2014	12.835
Nueva Gales del Sur	16,58	Dólar Australiano	2015	10.078

Nota: Los valores de cada estudio se actualizaron por la inflación del país usando la calculadora de inflación en <https://www.officialdata.org/countries>. Los valores se convirtieron a pesos chilenos (CLP), usando la conversión (<https://si3.bcentral.cl/indicadoressiete/secure/indicadoresdiarios.aspx>) al 18 de noviembre de 2020. En el caso del RR.UU., el valor corresponde a todos los modos de transporte.

Fuente: elaboración propia

Los valores se mueven en un rango entre CLP 4.800 por hora (Alemania) y CLP 16.929 por hora (Suiza) y su mediana es CLP 10.086/hora. Llama la atención el bajo valor reportado en el estudio alemán. También sobresale el valor de Suiza, por su elevada magnitud. Si excluimos estos dos valores, la diferencia entre el segundo valor más alto y el segundo valor más bajo se reduce a sólo CLP 3.540 por hora.

3 Revisión de Valores del Tiempo en Países sin Estudios Nacionales

En esta parte del informe, pasaremos revista al caso de seis países que – a pesar de no haber realizado estudios de campo nacionales – han estudiado el tema en diferentes niveles de profundidad y ofrecen recomendaciones interesantes para este trabajo:

- Australia (2018);
- Corea del Sur (2016);
- EE.UU. (2016);
- España (2014);
- Francia (2013) y
- Nueva Zelandia (2015)

3.1 Australia

El mandante aconsejó analizar el documento de ATAP (2018). Al respecto, parece primero necesario aclarar que las recomendaciones (“guidelines”) que allí se hacen no son obligatorias – algo similar a lo que pasa en EE.UU. (como veremos más abajo). Estas recomendaciones provienen de un metanálisis de 40 estudios de investigación de mercado, básicamente de PD (sólo dos eran de PR), realizados en Australia y Nueva Zelandia entre 1990 y 2014. La mayoría de estos estudios (33) son Australianos y, de estos, la mayoría (25) se desarrollaron en Nueva Gales del Sur.

Este meta análisis, como otros que se han reportado en la literatura (los más famosos del Prof. Mark Wardman, del ITS de Leeds University), usa una simple regresión lineal para encontrar una relación entre el logaritmo de los valores del tiempo²³ (VTV), estimados en cada estudio y año, con el logaritmo de una variable asociada a un indicador económico (como el IPC, PGB/hogar o Ingreso Promedio Horario), y una serie de variables, lineales, que clasifican las observaciones por modo, período y país, tomando como referencia a tren, hora punta y Australia. Las regresiones tenían sólo 132 observaciones y obtuvieron índices de ajuste R^2 cercanos a 0,6 (el mejor ajuste fue 0,64 para el IPC). Con esta información, la guía analiza como ha crecido el VTV (llegando a la conclusión que lo ha hecho más rápido que el IPC), y también calcula VTV por modo, período y país.

²³ Tiempo al interior de un vehículo, definido como ir sentado en un bus, tren o ferry en un vehículo de calidad promedio de acuerdo a la percepción de los usuarios.

Más adelante, y usando muestras de menor tamaño del conjunto original de estudios, la guía analiza el efecto del propósito en el VTV (en base a cinco estudios), el valor del tiempo de caminata, en relación al VTV (21 estudios), valor del tiempo de espera e intervalo entre servicios (tres estudios), valor promedio del intervalo de servicio/VTV (30 estudios), valor de cambios en la frecuencia del servicio, valor de no poder viajar a la hora deseada (“time displacements”, dos estudios), penalidades de transbordo (21 estudios), tiempo de transferencia y conexión (13 estudios), disponibilidad de asiento y hacinamiento en el vehículo (14 estudios), hacinamiento en estaciones (un estudio), confiabilidad de los horarios (cuatro estudios, dos de ellos internacionales), y retraso en la llegada promedio (10 estudios).

Posteriormente la guía analiza otra serie de temas, interesantes (como valor de la calidad de las estaciones o de la calidad de los vehículos), que no están relacionados directamente con el valor del tiempo. Pero, lamentablemente, al final la guía pierde credibilidad debido a un análisis que, en nuestra opinión, revela un profundo error de concepto, en relación a la teoría de los modelos econométricos de elección discreta. En efecto, en el capítulo 10 se usan 14 estudios para estimar meta valores de las constantes específicas (ASC) de cada modo, ignorando que en modelos – como los estimados en los estudios usados para el meta análisis – estas reflejan las proporciones de mercado (elecciones) de cada alternativa en cada muestra. Esto es, no existe – como se postula – un valor intrínseco de la ASC de cada modo, ya que esta depende del experimento planteado (que, por ejemplo, puede omitir algunas variables para simplificar la carga cognitiva del encuestado) y de las elecciones de cada muestra en particular (que dependen fuertemente del contexto de cada caso).

3.2 Corea del Sur

Para conseguir esta información, contactamos al Dr. Jaehak Ho, Presidente del *Korea Transportation Institute* (KOTI), agencia oficial del gobierno de la República de Corea que tiene la misión de proveer recomendaciones y alternativas para la política de transporte nacional, mediante investigación especializada e innovación tecnológica. Durante los últimos 30 años, KOTI (<https://english.koti.re.kr/>) ha jugado un rol importante en la construcción y operación de la infraestructura de transporte en Corea del Sur, procurando mejorar el desarrollo económico y calidad de vida en esa nación mediante el diseño de políticas de transporte innovadoras. KOTI tiene nueve departamentos²⁴, donde trabajan

²⁴ 1. Fourth Industrial Revolution & Transport; 2. Comprehensive Transport; 3. Road Transport; 4. Rail Transport; 5. Aviation; 6. Logistics Research; 7. National Transport Big Data; 8. Global Transport Research y 9. Centre for Highway Private Studies.

cientos de ingenieros y especialistas. Tenemos una relación de larga data con el Dr. Ho, quien nos puso en contacto con el Dr. Jougong Kim, Director del *Department of National Transport Big Data* de KOTI, quien a su vez nos envió el documento *Estimation of Value of Travel Time* (KOTI, 2018), que resume como se estima el valor del tiempo de viaje.

En primer lugar, es importante señalar que definen el *valor del tiempo* (VTV) simplemente como el valor monetario que una persona está dispuesta a pagar a fin de reducir su tiempo de viaje en una unidad. En segundo lugar, que sólo distinguen entre valor del tiempo *de trabajo* y de *no trabajo* (esto es, otros propósitos). En el caso de viajes *de trabajo*, distinguen por *modo* (chofer de auto, de bus y de camión) y el valor del tiempo se estima simplemente utilizando la tasa salarial (promedio para cualquier viaje en el país) y *overheads* para los salarios (que varían entre 26,5 y 32%), de acuerdo a la Tabla 40. Así, el resultado para *auto* es 25% mayor que para *bus* y 32% mayor que para *camión*.

Tabla 40: Sur Corea – VTV para viajes de trabajo²⁵

Clasificación	Conductor de auto ¹	Chofer de bus ²	Chofer de camión ³
Salario per cápita promedio mensual (KRW/mes) (A)	3.424.726	2.806.297	2.507.185
Horas de trabajo (hrs/mes) ⁴ (B)	171	173	
Salario horario (KRW/persona hr) (C)=(A)/(B)	20.028	16.221	14.492
Tasa de <i>overhead</i> al salario (%) (D)	26,47%	26,44%	31,81%
Valor del tiempo (KRW/persona hr) (C)*(1+D)	25.330	20.510	19.102

¹ Salario promedio de conductores de auto es el promedio para todas las industrias, exceptuando agricultura.

² Salario promedio de choferes de bus, es el promedio ponderado para la industria formal de transporte en bus en ciudades, pueblos, servicios interurbanos y expresos.

³ Salario promedio de choferes de camión, es el promedio para la industria general de camioneros.

⁴ Horas de trabajo para todas las industrias, exceptuando agricultura, según la encuesta de poder laboral.

Fuente: KOTI (2018)

Para el caso de viajes de *no trabajo*, también se calcula por *modo* (y, en este caso, se considera también al modo tren), mediante *tasas marginales de sustitución* de acuerdo a la Tabla 41 (1 es el valor para conductores de auto y el resto se calcula en relación a ese valor).

²⁵ En todas las tablas a continuación los valores se reportan en Won (KRW), cuya equivalencia es aproximadamente 1 USD = 1.086 KWR.

Tabla 41: Sur Corea – VTV para viajes de no trabajo (KRW/persona-hr)

Clasificación		Auto	Bus	Tren (por persona)
Tasa	Viajes de trabajo	1	-	-
	Viajes de no trabajo	0,428	0,220	0,221
Valor del tiempo para viajes por motivos no trabajo		10.841	5.573	5.598

Fuente: KOTI (2018)

Luego, estos valores se corrigen considerando las tasas de ocupación de cada tipo de vehículo, de acuerdo a las siguientes tablas (la segunda corresponde a la región de Seúl), y es interesante notar que este cálculo se repite para otras cinco regiones del país. Si bien las variaciones por región son menores que 4%, los viajes interregionales, del ejemplo, son valores hasta 36% más altos. Las diferencias se deben básicamente a la diferente composición de propósitos.

Tabla 42: Sur Corea - VTV promedio para cada modo (viajes interregionales)

Clasificación	Auto		Bus		Camión		Tren (por persona)	
	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio
Tasa ocupación vehicular (persona)	0,32	1,08	0,43	10,35	1,00	0	0,21	0,79
Valor del tiempo (KRW)	25.330	10.841	20.510	1 persona	5.573	19.102	0	25.330
			25.330	.43 persona				
Valor del tiempo (KRW/vehículo-hr)	8.156	11.687	31.433	57.670	19.102	0	5.319	4.422
Valor del tiempo promedio (KRW/veh)	19.843		89.102		19.102		9.742	

Fuente: KOTI (2018)

De esta manera, al final se obtienen valores del tiempo por *vehículo* y por *región* del país (ej.: Auto: US\$ 16,7; Bus: US\$ 75,1; Camión: US\$ 16,1 y Tren: US\$ 8,2 *por pasajero*) y es destacable que los valores para bus y tren son sustancialmente mayores que los valores para auto, debido a que considera el número de pasajeros de cada modo.

Tabla 43: Sur Corea – VTV promedio para cada modo (Seúl)

Clasificación	Auto		Bus		Camión		Tren (por persona)	
	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio	Trabajo	Ocio
Tasa ocupación vehicular (persona)	0,17	1,07	0,13	15,60	1,00	0	0,02	0,98
Valor del tiempo (KRW)	25.330	10.841	20.510	1 persona	5.573	19.102	0	25.330
			25.330	.13 persona				
Vlor del tiempo (KRW/vehículo - hr)	4.397	11.561	23.698	86.956	19.102	0	507	5.486
Valor del tiempo promedio (KRW/veh)	15.958		110.653		19.102		5.993	

Fuente: KOTI (2018)

3.3 EE.UU.

Al analizar los beneficios debidos a ahorros de tiempo en proyectos de transporte, la recomendación (“*guidance not mandate*”) en EE.UU. (USDOT, 2016) parte por mencionar que el valor de reducir el tiempo de viaje (lo que hemos denominado VTV) expresa tres principios:

- el tiempo ahorrado podría dedicarse a producción, rindiendo beneficios monetarios a los viajeros o a sus empleadores; o bien
- podría dedicarse a actividades de recreación u otras actividades de ocio que los individuos valoran y están dispuestos a pagar por hacerlas y
- las condiciones del viaje, o alguna de sus partes, pueden ser desagradables e involucrar tensión, fatiga o incomodidad; por lo tanto, reducir el tiempo en que la persona está expuesta a esas condiciones puede ser más valioso que ahorrar tiempo en una porción más cómoda del viaje.

3.3.1 Tópicos específicos

Confiabilidad: Claramente asociada con el VTV, la confiabilidad se ha considerado tradicionalmente como una fuente de utilidad distinta que la reducción del tiempo esperado de viaje. Si los viajeros están inciertos acerca de cuanto se demorarán en llegar a sus destinos, tenderán a incluir un “*buffer*” en sus itinerarios, comenzando el viaje antes (sacrificando tiempo en el origen) vs. una penalidad más costosa por llegar tarde a sus destinos. Este “seguro” será muchas veces innecesario y ocasionalmente inadecuado; así, una forma alternativa de asegurarse puede ser elegir una ruta más confiable con una velocidad esperada menor o un costo monetario mayor.

Hay muchas formas de medir la confiabilidad, incluyendo la desviación estándar del tiempo de viaje, la diferencia o razón entre el tiempo de viaje promedio y un percentil más alto (i.e., el percentil 95%), o la probabilidad de llegar tarde dada una meta fija, y todos estos valores varían para distintos pares origen-destino.

Así, un “valor de la confiabilidad” es mucho más complejo de estimar que el VTV promedio, ya que requiere conocer la distribución conjunta de los tiempos de viaje y de las tasas de cambio de valor en los márgenes, en lugar que sólo las medias.

A pesar de la existencia de estudios en varios países (utilizando diferentes medidas de confiabilidad) que han producido resultados sugerentes, concluyen no estar preparados para proporcionar una guía para la evaluación rutinaria de la confiabilidad.

Tamaño de los cambios de tiempo: Se considera la discusión sobre si el VTV debería ser ignorado bajo algún umbral de tiempo ahorrado, y mencionan investigaciones que han concluido que ahorros discretos pequeños pueden tener beneficios despreciables. No obstante, sostienen que no hay evidencia persuasiva de cuál podría ser este umbral para cualquier población o como se podría utilizar ese dato para predecir un umbral apropiado para otra población. Además, señalan que un problema más importante es que todos los cambios en el tiempo de viaje - que resultan de acciones gubernamentales - están compuestos de muchos cambios pequeños, y no es posible identificar cuáles de esos se podrían considerar suficientemente grandes como para afectar las decisiones individuales.

Por todo lo anterior, se decide que el valor de cada minuto ahorrado es constante, independiente del tiempo total requerido por el viaje.

Valor del tiempo en viajes de carga: Una interesante discusión, que escapa a los objetivos de este trabajo, concluye que el valor del tiempo en transporte de carga es un tema mucho más complejo que en el caso de pasajeros, y no se ofrece guía en este sentido.

3.3.2 Determinantes del VTV

Les interesa expresar el VTV en términos de un limitado número de variables que han sido utilizadas en investigaciones empíricas (las más comunes y más útiles) y que posiblemente están disponibles para su aplicación en nuevos análisis

Propósito del viaje: La distinción más importante es entre viajes de trabajo (“*on-the-clock business time*”), por el cual se paga un salario de mercado, y los viajes personales (ya sea al trabajo o de ocio), que dependen de las preferencias de los viajeros. Las investigaciones empíricas en diversos países han encontrado que el VTV por viajes personales es menor que el salario horario.

En el caso de viajes de negocios, hacen notar que podría parecer paradójico tratar de igual forma a los choferes de camión, por ejemplo (cuyo tiempo de viaje se gasta trabajando), y a viajeros de negocios que no pueden trabajar durante el viaje. No obstante, cuando un pasajero de negocios puede trabajar en su computador laptop, corregir documentos, o tener una discusión de negocios con otros pasajeros durante el viaje, no es tan claro que un ahorro de ese tiempo sea tan productivo.

Características personales: Variables sociodemográficas, como edad, sexo, educación y tipo de empleo, pueden influir en el VTV. Si bien éstas se incluyen algunas veces en estudios empíricos, es improbable que tengan relevancia práctica en evaluar el impacto de acciones gubernamentales. Más claramente asociadas con el VTV son las distinciones entre conductores y pasajeros, y entre padres y niños. En el caso de viajes en transporte público, cada pasajero tiene un valor del tiempo independiente y estos valores se pueden sumar; para vehículos privados, el caso es más ambiguo, ya que los pasajeros o niños pueden ir de acompañantes y no tener una actividad urgente que pueda influir en las decisiones del conductor; pero los conductores también pueden tener una actitud altruista (acarrear a un niño a la posta, por una emergencia). Así, se concluye que, si no existe la posibilidad de distinguir la composición o los motivos del acompañamiento, los VTV de cada viajero se deben considerar como independientes y aditivos.

Ingreso horario: En esta parte se hace una larga e interesante discusión sobre la influencia del ingreso del viajero en viajes de negocios o de ocio, y se concluye con dos aseveraciones:

(i) en la práctica general, el VTV para viajes de negocios no se estima empíricamente, sino que se define por el salario bruto de los empleados (esto es, incluyendo impuestos y beneficios extra);

(ii) Cuando viajeros de distinto nivel de ingreso usan modos que no son sustitutos cercanos, el VTV puede asociarse a un ingreso esperado para cada modo. Si hay rangos de ingreso amplios y que se superponen en modos sustitutivos, es preferible no diferenciar los estimadores del VTV sobre la base del ingreso, sino que utilizar un valor único para todos.

También se hace una discusión, que escapa al ámbito de este estudio, sobre como proyectar en el tiempo los valores del tiempo, de negocios y de otros propósitos.

Modo y distancia: Basado parcialmente en la discusión del punto anterior, se concluye que cuando los modos son sustitutos relativamente cercanos en localización, propósito y distancia de viaje, es apropiado asumir que el ingreso y preferencias de los usuarios se distribuirán en forma idéntica entre ellos, dando lugar a un VTV común.

No obstante, aún cuando esta uniformidad sea apropiada para modos en un contexto local, se ha encontrado evidencia de un incremento moderado del VTV con la distancia. Esta

tendencia puede ser una consecuencia del limitado tiempo disponible para realizar un viaje largo. Adicionalmente, puede reflejar el alto valor del tiempo asociado a destinos que justifican mayores costos de viaje y a la necesidad complementaria por alojamiento y comida. Aunque algunos gobiernos han derivado VTV estimando una elasticidad a la distancia, este es un parámetro complejo de utilizar que requiere distancias específicas para cada aplicación, en circunstancias que una ruta, segmento o modo afectado por una acción gubernamental, probablemente sostendrá viajes de distancias bastante variables. Proponen que un enfoque más práctico diferencia viajes de acuerdo a categoría gruesas, por ejemplo, viajes locales (en una ciudad) y viajes interurbanos (mayores de 50 millas).

Por otro lado, ciertos modos, particularmente transporte aéreo y tren de alta velocidad, no son sustitutos cercanos de los modos de superficie convencionales. Como en estos modos se cobran tarifas muy altas a viajeros que tienen una alta disposición a pagar, parece razonable derivar VTV distintos para ese mercado.

Comodidad: Hay una amplia variabilidad en la disposición a pagar de los viajeros por reducir el tiempo en que deben estar sujetos a condiciones incómodas, como caminar o estar de pie en andenes o vehículos. También se pueden otras condiciones incluir en esta lista, tales como manejar en tráfico altamente congestionado, estar expuestos a altas o bajas temperaturas, hacinamiento, asientos incómodos y falta de seguridad; pero es difícil asignarles valores o medir su severidad y duración. Los estimadores del VTV ya incorporan ciertas suposiciones acerca de estas condiciones; por ejemplo, como disminuir la distancia de caminata, el tiempo de espera o aumentar el número de asientos son opciones de rutina en planificación de transporte, asignamos valores a sus beneficios. Pero debe distinguirse entre acciones que acortan el período de tiempo durante el cual se experimentan estas condiciones (por ejemplo, reducir la espera por incrementar la frecuencia de un servicio de trenes) y otros que mejoran las condiciones durante todo el viaje (añadir carros, para que más pasajeros puedan viajar sentados). En el primer caso el VTV se fija en un nivel superior y varía el tiempo de viaje; en el segundo, el tiempo de viaje es constante pero el VTV varía.

Después de esta discusión y de revisar los resultados de varios países europeos, se encuentra un amplio consenso en el enfoque adoptado, las variables y categorías relevantes, y un cierto nivel de similitud en los valores específicos recomendados. Además, se constata que todos los estudios enfatizan la necesidad de simplificar el cómputo del VTV para lograr un sistema tratable, que sea consistente con la información que esté disponible.

De esta manera, finalmente proponen valores para solamente dos propósitos: *negocios* y *viajes personales*; dos categorías de distancia: *viajes locales* y *viajes interurbanos*, y dos tipos de modos: *modos de superficie* y *avión y tren de alta velocidad*. La Tabla 44 resume lo fundamental.

Tabla 44: EE.UU. – Valor del tiempo de viaje como % de los ingresos

Valor Recomendado para Ahorro de Tiempo (por persona-hr como porcentaje de ingreso total)		
Categoría	Modos de Superficie* (excepto Tren de Alta Velocidad)	Transporte Aéreo y Tren Alta Velocidad (TAV)
Viajes Locales		
Personal	50%	--
Negocios	100%	--
Viajes Interurbanos		
Personal	70%	70%
Negocios	100%	100%

Fuente: USDOT (2016)

Al convertir estos valores a dólares, multiplicando por los ingresos apropiados en cada caso, se obtienen los estimadores de VTTS (en US\$ de 2015), que se muestran en la Tabla 45; notar que esta tabla incluye rangos plausibles asociados a la incertidumbre con que se pueden calcular los valores, y se recomienda usar estos rangos en análisis de sensibilidad de los proyectos.

3.4 España

En este país tampoco existe un estudio nacional, ni norma general al respecto. No obstante, el 2013 participamos en un gran estudio sobre el tema, con investigadores de tres universidades europeas, financiado por el Ministerio de Fomento del gobierno español. Se eligió como caso de estudio el corredor interurbano entre Madrid y Barcelona, sin duda el más importante del país, que tenía la ventaja de ofrecer una elección de modo que consideraba viajes en avión (normal y puente aéreo); viajes en el servicio de tren de alta velocidad (AVE) y viajes en bus.

En todos los casos se consideró los distintos modos de acceso, y se llevó a cabo una encuesta de preferencias reveladas (PR), con una medición muy precisa de las variables de nivel de servicio de todos los modos. También se consideró diferentes propósitos de viaje y se trató con mucho detalle el importante tema de los viajeros que no pagan por su viaje (especialmente en el caso de viajes de trabajo).

Tabla 45: EE.UU. – Valor del tiempo de viaje

Rangos plausibles para Valores de Ahorro de Tiempo (2015 US\$ por persona-hr)				
Categoría	Modos de Superficie* (excepto TAV)		Transporte Aéreo y TAV	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Viajes Locales				
Personal	\$9.50	\$16.30	--	--
Negocios	\$20.30	\$30.50	--	--
Todos los propósitos	\$10.00	\$17.00	--	--
Viajes Interurbanos				
Personal	\$16.30	\$24.50	\$31.00	\$46.50
Negocios	\$20.30	\$30.50	\$50.60	\$75.80
Todos los propósitos **	\$17.20	\$25.80	\$38.90	\$58.30
		Bajo	Alto	
Choferes de camión		\$21.80	\$32.70	
Choferes de bus		\$22.70	\$34.00	
Operadores ferroviarios		\$36.90	\$55.30	
Técnicos de locomotoras		\$33.30	\$49.90	
Pilotos de avión y técnicos		\$69.40	\$104.10	

* Las cifras para superficie aplican a todos los tiempos en transporte público. En el caso de viajes personales, los tiempos de caminata, espera y transbordo deben valorarse en \$21.70 - \$32.60 por hora cuando las medidas afecten sólo esos componentes del tiempo.

** Promedios ponderados, usando distribuciones del tiempo por propósito de viaje para varios modos. La distribución para viajes locales en modos de superficie: 95,4% personal, 4,6% negocios. La distribución para viajes interurbanos por modos de superficie convencionales: 78,6% personal, 21,4% negocios. La distribución para viajes en transporte aéreo o TAV: 59,6% personal, 40,4% negocios. Las cifras para superficie se derivan utilizando información sobre personas-milla (PMT) anuales del 2001 *National Household Travel Survey* (<http://nhts.ornl.gov/>).

Fuente: USDOT (2016)

En resumen, se encontró que los valores subjetivos del tiempo variaban por modo, propósito, tipo de tiempo (en el vehículo, acceso y espera) y si el viajero pagaba o no su tarifa (Román et al., 2014). Así, nos parece que este estudio es un buen ejemplo de lo que podría hacerse, en nuestro país, con datos de PR.

3.4.1 Diseño del cuestionario y recolección de datos

El objetivo final del estudio era obtener estimaciones de la disposición al pago por ahorrar tiempo de viaje; así, determinar los factores involucrados en la elección de modo era un elemento clave para alcanzar ese objetivo. Así, a pesar de ser un corredor razonablemente bien estudiado²⁶, se llevó a cabo dos grupos focales con el fin de:

- hacerse una idea de las percepciones asociadas a los diferentes modos disponibles para viajar entre Madrid y Barcelona;
- identificar los principales factores que afectan la elección de modo;
- proporcionar evidencia para optimizar la construcción del cuestionario en la fase cuantitativa del estudio, y
- analizar la importancia del tiempo de viaje para diferentes tipos de viajeros.

Para cumplir estos objetivos generales, también se discutieron otros temas importantes durante los grupos focales. Entre ellos podemos citar:

- conocer mejor la experiencia de viaje de las personas;
- comprender sus procesos de elección de modo y los factores que los determinan;
- aprender sobre sus percepciones de los diferentes modos disponibles, así como sobre la importancia relativa asignada a los diversos factores o atributos considerados en el proceso de elección de modo.

Con la información anterior se diseñó un cuestionario de PR para usuarios de los modos de transporte público en el corredor: transporte aéreo (tanto servicios regulares como el clásico *punto aéreo*), tren de alta velocidad (AVE) y bus interurbano. La encuesta recogió datos no sólo sobre las características de la alternativa elegida por cada viajero, sino también para sus restantes modos disponibles.

Tras identificar al encuestado y entrevistador, las preguntas se organizaron en cuatro secciones: (A) información sobre el viaje (origen, acceso al aeropuerto o estación, espera en el aeropuerto o estación, preferencia de hora de salida, características detalladas del viaje, destino final, modo de acceso al destino); (B) información sobre el hogar del encuestado; (C) datos socioeconómicos del entrevistado (características personales y situación laboral), y (D) información relativa a la empresa del encuestado (sólo para viajes de negocios).

²⁶ Vale la pena señalar que este fue el primer estudio de elección modal llevado a cabo tras la introducción del AVE en este corredor.

En la sección A se tuvo especial cuidado de incluir preguntas que permitieran medir adecuadamente los diversos componentes del tiempo total de viaje (es decir, tiempos de acceso y egreso, espera y tiempo en el vehículo). Dado que la oportunidad de llevar a cabo algunas otras actividades durante el viaje podía ser importante a la hora de elegir el modo, también se pidió a los encuestados que indicaran la cantidad de tiempo dedicado a trabajo y a otras actividades durante el viaje.

Al modelar con datos de PR es importante conocer con precisión el conjunto de opciones disponibles a la persona. Para esto, se incluyeron preguntas específicas para determinar qué alternativas serían consideradas en caso que, por alguna razón, los encuestados no pudieran elegir su opción actual.

3.4.2 Tamaño de la muestra

Para determinar el número de entrevistas requeridas en cada modo, se consideró la partición modal anual existente al momento del estudio (56,31% por aire, 29,14% para AVE y 14,55% para bus interurbano). Así, el tamaño de muestra se obtuvo mediante la fórmula de Smith (1979). Para obtener una muestra con todos los modos suficientemente representados, el coeficiente de variación (CV) se determinó a partir del modo con la cuota de mercado más baja (el bus interurbano en nuestro caso), suponiendo que la elección de una alternativa seguía una distribución binomial, con probabilidad dada por la cuota de mercado agregada, esto es:

$$CV = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}} = \frac{n\sqrt{p(1-p)}}{np}; \quad \text{con } p = 0,1455$$

La Tabla 46 muestra los tamaños de muestra obtenidos para los diferentes modos.

Tabla 46: España – Tamaño de muestra para los distintos modos

Modo	Cuota de mercado	Muestra
AVE	29,14%	378
Aéreo	Iberia	356
	Spanair	250
	Air Europa	73
	Vueling	36
Bus	14,55%	181
Total		1.274

Fuente: Román et al. (2014)

El número de entrevistas a usuarios de transporte aéreo se distribuyó proporcionalmente entre las diferentes empresas, en función de sus cuotas de mercado al momento del estudio. La distribución de las encuestas durante el día, y durante los distintos días de la semana, consideró los períodos de punta y fuera de punta en el corredor; en el caso de viajes en transporte aéreo, se consideró también la oferta de vuelos regulares y del puente aéreo. Los pasajeros entrevistados fueron seleccionados al azar cerca de las puertas de embarque de los vuelos y en las zonas de salida de estaciones de tren y bus.

3.4.3 Análisis descriptivo de la información

Tras la medición, depuración y codificación de los datos, se obtuvo una muestra total de 1.251 cuestionarios correctamente completados. Sin embargo, fue necesario eliminar 208 individuos *cautivos*, resultando en una muestra final de 1.043 observaciones válidas para modelación. Como el bus tenía más individuos cautivos, las cuotas modales en la muestra de modelización fueron ligeramente diferentes de las cuotas de mercado de la población.

Analizando las variables de nivel de servicio de cada alternativa elegida, se encontró que los viajeros dedicaban aproximadamente el 70% de su tiempo de espera a realizar diferentes actividades (compras, lectura, trabajo, etc.). Para los usuarios de buses, esta proporción era algo menor, ya que los terminales de buses ofrecen menos facilidades que las estaciones de tren y las zonas de embarque del aeropuerto.

La mayoría de los viajeros (71%) eran libres de elegir la hora del viaje, pero esta flexibilidad era significativamente menor en el caso de transporte aéreo, donde sólo el 19% declaraba haber tenido la oportunidad de elegir su horario. Finalmente, en cuanto a los gastos de viaje, estos eran pagados por la empresa del encuestado en poco más del 50% de la muestra (casi 90% de los viajes realizados con fines laborales).

3.4.4 Modelación econométrica

Siguiendo a Cherchi y Ortúzar (2006), todos los componentes del tiempo de viaje de los distintos modelos estimados, fueron multiplicados por la tasa de gastos g^{27} para capturar el efecto ingreso. Se observó gran variabilidad en la magnitud de la variable tiempo de espera, dependiendo del modo de transporte utilizado para acceder al aeropuerto o estación.

La especificación del tiempo de espera consideró interacciones con efectos opuestos en la percepción del atributo: (i) una interacción triple con las variables *frecuencia de viaje* (TF) y *edad* (A); (ii) una interacción simple con la variable *proporción de tiempo de espera dedicado al trabajo* ($PWTW$). Por su parte, el *tiempo de viaje en el vehículo* (T_i), se interactuó con la

²⁷ También se probó otras especificaciones, tomando los costos de viaje divididos por la tasa de gasto, pero resultaron modelos estadísticamente inferiores.

frecuencia del *viaje*, con la variable muda *propósito de viaje* (*MOT*), y con la *proporción de tiempo de viaje dedicado al trabajo* (*PTTW*). Se probó muchas interacciones potenciales, pero otras no resultaron significativas o con signo correcto. Así, la especificación general de las componentes del tiempo en la función de utilidad de los modelos fue la siguiente:

$$\begin{aligned}
 V = & \dots + \theta_{T_a \cdot g} T_a \cdot g + \dots \\
 & \dots + \theta_{T_w \cdot TF \cdot A \cdot g} T_w \cdot TF \cdot A \cdot g + \theta_{T_w \cdot PWTW \cdot g} T_w \cdot PWTW \cdot g + \dots \\
 & \dots + \theta_{T_t \cdot g} T_t \cdot g + \theta_{T_t \cdot MOT \cdot TF \cdot g} T_t \cdot MOT \cdot TF \cdot g + \theta_{T_t \cdot PTTW \cdot g} T_t \cdot PTTW \cdot g + \dots \\
 & \dots + \theta_H H + \dots
 \end{aligned}$$

donde la primera línea corresponde al tiempo de *acceso y egreso* (T_a), la segunda al tiempo de *espera*, y la tercera al tiempo de *viaje en el vehículo*. En la búsqueda de la mejor especificación, se trabajó tanto con la *frecuencia* de servicio (*TF*), expresada como número de salidas por hora como con el *headway* (*H*), esto es, el tiempo entre dos salidas consecutivas; los modelos, incluyendo el *headway* tuvieron un mejor rendimiento. La especificación de esta variable corresponde a la cuarta línea en la ecuación anterior.

Como se detectó que una proporción significativa del ingreso se gastaba en transporte, se incluyó términos cuadráticos para el *costo de viaje* dividido por el *ingreso* (*I*) como recomienda Jara-Díaz (2007). Un aspecto importante asociado a la percepción negativa del costo, está relacionado con quién paga los gastos del viaje. En corredores como este - con una alta incidencia de viajes de negocios - los viajeros tienden a tomar ciertas decisiones que afectan su elección de modo, aunque no estén directamente relacionadas con el precio del billete. Por ejemplo, en muchos casos las empresas establecen límites en el costo del viaje (i.e., pagan solo viajes en clase turista o establecen una cantidad máxima de dinero para todo el viaje), pero los empleados son libres de tomar sus propias decisiones de viaje (es decir, elegir el modo, hora de salida, empresa, tipo de tarifa, etc.) dentro de estos límites. Por esta razón se decidió mantener a aquellas personas que no pagaban sus gastos de viaje en la muestra de modelación.

En consecuencia, se incluyó una interacción del costo del viaje con la variable muda *pay* (*P*), igual a 1 si el viajero pagaba el costo del viaje, y 0 en caso contrario. Esto permitió diferenciar el comportamiento de este segmento especial del mercado y obtener un valor del tiempo para las personas distinguiendo si pagaban o no sus gastos de viaje. Así, la especificación del costo de viaje en la función de utilidad se representó de la siguiente manera:

$$V = \dots + \theta_C C + \theta_{C^2/I} \frac{C^2}{I} + \theta_{C \cdot P} C \cdot P + \dots$$

Por lo tanto, cuando las personas no pagan sus gastos de viaje, el negativo de la utilidad marginal del costo del viaje no debe interpretarse como su utilidad marginal del ingreso. Más bien, esta magnitud debe interpretarse como la utilidad marginal que el individuo obtiene cuando otro agente (por ejemplo, la empresa) aumenta el presupuesto de viaje en una unidad monetaria. Por consiguiente, las cifras de disposición al pago (DAP) deben interpretarse, como la DAP de las empresas para satisfacer las preferencias de sus empleados en relación con ahorros de tiempo o recepción de un mejor servicio.

Con estas especificaciones, se estimó diversos modelos de elección discreta. Los mejores resultados correspondieron a modelos Logit Multinomial (MNL) y Logit Mixto (ML). Este último fue una especificación con coeficientes aleatorios que seguían una distribución Normal para la constante del *Bus*, y para algunas de las interacciones con los tiempos de espera, acceso y de viaje (Ortúzar y Willumsen, 2001, Caps 7 y 8). El resto de los parámetros finalmente se especificaron como fijos para todos los individuos, porque sus desviaciones estándar estimadas resultaron demasiado pequeñas.

3.4.5 Valores subjetivos del tiempo de viaje (VSTV)

Cuando la especificación de la utilidad se representa mediante una función lineal de los atributos, la DAP se calcula como la razón entre dos parámetros únicos. Sin embargo, cuando se usan especificaciones más complejas (por ejemplo, incluyendo interacciones, la tasa de gasto y/o términos cuadráticos), se obtienen, en general, expresiones más complejas que pueden tomar un valor diferente para cada individuo y modo.

La Tabla 47 muestra la representación matemática del VSTV para los diferentes componentes del tiempo de viaje. En general, todas las expresiones dependen del costo del viaje, la tasa de gasto y si la persona paga o el billete o no. Además, el valor del tiempo en vehículo depende del propósito del viaje, la frecuencia del mismo y la proporción del tiempo de viaje dedicado a actividades de trabajo. Por último, el valor del tiempo de espera depende de la frecuencia del viaje, la edad del individuo y la proporción de tiempo de espera dedicado a actividades de trabajo.

Para calcular la DAP en cada caso, se utilizó el método de enumeración muestral (Ortúzar y Willumsen, 2011, capítulo 9). Este consiste en computar la DAP para cada individuo en la muestra y luego calcular un promedio ponderado utilizando las probabilidades de elección individuales como ponderaciones. Como la media es sensible a valores extremos se utilizó la mediana de la distribución de la muestra como una cifra más representativa de la DAP.

Tabla 47: España – Expresiones matemáticas para las funciones de DAP

Tiempo de viaje en el vehículo	$\frac{\theta_{T_i \cdot g} + \theta_{T_i \cdot MOT \cdot TF \cdot g} \cdot MOT \cdot TF + \theta_{T_i \cdot PTTW \cdot g} \cdot PTTW}{\theta_C + 2\theta_{c^2/I} \frac{C}{I} + \theta_{C \cdot P} \cdot P} g$
Tiempo de acceso y egreso	$\frac{\theta_{T_a \cdot g}}{\theta_C + 2\theta_{c^2/I} \frac{C}{I} + \theta_{C \cdot P} \cdot P} g$
Tiempo de espera	$\frac{\theta_{T_w \cdot TF \cdot A \cdot g} \cdot TF \cdot A + \theta_{T_w \cdot PWTW \cdot g} \cdot PWTW}{\theta_C + 2\theta_{c^2/I} \frac{C}{I} + \theta_{C \cdot P} \cdot P} g$
Headway	$\frac{\theta_H}{\theta_C + 2\theta_{c^2/I} \frac{C}{I} + \theta_{C \cdot P} \cdot P}$

Fuente: Román et al. (2014)

En el caso del modelo ML, los VST se calcularon para la media del parámetro aleatorio estimado. Como en este modelo los VST son también variables aleatorias que siguen una distribución Normal, se realizó un análisis detallado de la probabilidad de obtener signos erróneos o cifras excesivamente altas para algunos individuos, a fin de probar la calidad del modelo (Sillano y Ortúzar, 2005).

En la Tabla 48, se presenta un resumen de las cifras obtenidas. En algunos casos se observan diferencias importantes dependiendo del método de estimación del VSTV utilizado. En la mayoría de los casos, la mediana es inferior a la media, indicando una distribución no simétrica de los VSTV. Por otro lado, las cifras derivadas del modelo ML son generalmente más altas que las del MNL (esto se ha encontrado también en estudios anteriores, por ejemplo, Amador *et al.*, 2005; Hensher, 2001). Los resultados del análisis permiten concluir que los usuarios de AVE y transporte aéreo, presentan valores sustancialmente más altos de tiempo que los viajeros de bus.

Se hizo, además, un análisis detallado del valor del tiempo de viaje en vehículo, en términos de las variables que interactuaban con él. En general, el VSTV resultó mayor cuando el propósito del viaje era obligatorio (trabajo o estudio). Además, las cifras eran notablemente más altas (entre dos y cuatro veces) cuando los gastos de viaje no eran pagados por el

viajero²⁸. El mismo efecto se observó para el caso de los tiempos fuera del vehículo y el *headway*; por ejemplo, el valor del tiempo de espera para viajes en transporte aéreo y AVE cuando los viajeros no pagaban directamente por su viaje, podría ser hasta ocho veces mayor en el caso de la media.

Tabla 48: España – Valores del tiempo de viaje

Atributo	Modo	MNL (€/hr)			ML (€/hr)		
		Promedio simple	Promedio ponderado	Mediana	Promedio simple	Promedio ponderado	Mediana
Tiempo de viaje en el vehículo	Air	19.91	20.96	12.07	28.20	32.07	18.44
	HSR	15.78	15.44	11.39	24.68	21.66	17.44
	Bus	7.65	5.64	5.74	12.11	7.15	9.18
Tiempo de acceso y egreso	Air	23.63	25.25	18.34	28.89	30.55	23.69
	HSR	19.71	20.38	16.88	25.63	26.68	22.24
	Bus	9.39	7.14	7.46	13.20	8.51	10.72
Tiempo de espera	Air	39.65	52.92	9.84	63.95	69.82	17.94
	HSR	41.11	58.29	8.71	60.97	78.53	16.09
	Bus	10.62	8.65	2.29	19.17	12.57	4.35
<i>Headway</i>	Air	35.73	37.77	27.35	44.48	45.99	38.26
	HSR	29.85	28.55	27.20	41.68	41.00	38.23
	Bus	18.89	16.76	15.25	27.81	25.18	23.60

Fuente: Román et al. (2014)

3.5 Francia

El valor del tiempo (VTV), se define en Francia – más precisamente – como el valor de ahorrar tiempo y se considera un elemento central en el análisis costo-beneficio (CBA) de proyectos de transporte. Se acepta que el VTV está fuertemente ligado a la confiabilidad del tiempo de viaje, a la comodidad y a otras características específicas de los viajes, pues todos estos factores influyen en la calidad percibida del tiempo gastado en viajar, así como en la oportunidad y factibilidad de usarlo en otras actividades.

²⁸ Recordar que, si una empresa paga los costos de un viajero, lo que se obtiene no es exactamente el VSTV del viajero, sino una aproximación de la DAP de la empresa para sus empleados, por ahorrar tiempo de viaje y dedicar más tiempo al trabajo (muchos de estos viajes se realizan durante sus horas de trabajo).

El informe de Meunier (2020) entrega una visión general sobre como las metodologías y VTV utilizados en las guías francesas sobre CBA, han evolucionado desde principios de los 60. Se hace énfasis en establecer un enlace potencial en cuanto a cómo cambios en las prácticas de movilidad individual y uso del tiempo, inducidas por nuevas tecnologías, pueden afectar el VTV.

Posteriormente, el informe establece diferencias entre la desutilidad generada por la cantidad de tiempo gastado en viajar y la utilidad debida a la potencial posibilidad de realizar una actividad durante el viaje. Esta diferenciación es importante cuando se intenta evaluar la comodidad y la confiabilidad, especialmente si el valor del tiempo cambia en forma significativa cuando es posible realizar otras actividades. La discusión incluye diferentes factores que afectan la utilidad individual asociada con los valores del tiempo en el vehículo, fuera del mismo (esto es, transbordos y espera), la comodidad y confiabilidad. Para entender si existe la posibilidad que el VTV disminuya o llegue a cero, en la tercera parte del informe se examinan las tendencias en el valor del tiempo utilizado en CBA en las últimas décadas.

Finalmente, la última parte del informe mira el problema desde un punto de vista de largo plazo, para considerar formas en que el análisis del uso del tiempo y las elecciones individuales pueden variar en el tiempo.

3.5.1 Evolución del valor del tiempo en Francia

El VTV se ha usado como una medida en Francia desde principios de los 60. Para estimarlo se analizaban los compromisos entre costos financieros y tiempo de viaje, observando las elecciones personales entre distintas rutas (típicamente autopistas y otras vías). El VTV se determinaba en base a un análisis de preferencias reveladas (PR), sin teorías de por medio, y el valor colectivo del tiempo (valor social), utilizado en CBA, era normalmente equivalente al valor individual (que distinguía factores específicos o grupos de individuos).

El VTV se ha ido actualizando en sucesivas guías, incrementando la diferenciación para permitir una evaluación más precisa de distintos escenarios de demanda. Esto ha incluido estimaciones separadas para la región Ile de France (alrededor de Paris), además de diferenciaciones por modo y propósito, e incluso por distancia.

Los valores de referencia recomendados en la última actualización – el informe Quinet de 2013 – se muestran en la Tabla 49 (con precios para 2010), y son menores que los valores propuestos anteriormente, ya que:

"Desde un punto de vista técnico, los datos provenientes de modelos de tráfico pueden dar valores más bajos que los obtenidos en el pasado, porque estos modelos consideran un número creciente de variables para explicar las opciones de movilidad. La inclusión, en particular, de un número creciente de variables explicativas con el propósito de modelar

efectos fijos específicos de cada modo, efectos de frecuencia, efectos de transferencia, etc., puede tender a deprimir los valores de tiempo resultantes de los modelos”

... (y)

“Desde un punto de vista microeconómico, podría darse el caso de que la caída en los valores del tiempo refleje una reducción en la incomodidad del tiempo de viaje - las condiciones pueden haber mejorado, por ejemplo, en todos los modos de transporte - o un aumento en su productividad - porque las personas ahora pueden usar sus teléfonos inteligentes para consultar su correo electrónico, leer o jugar durante el viaje”

Tabla 49: Francia – Valor del tiempo para viajes urbanos, todos los modos (EUR/hr)

Propósito del viaje	País	Île-de-France (región de París)
Profesional	17,5	22,3
Casa al trabajo/colegio/guardería	10,0	12,6
Otro (compras, salud, social, ocio, turismo, etc.)	6,8	8,7
Sin propósito determinado	7,9	10,7

Fuente: Quinet (2013)

Las estimaciones del VTV para viajes interurbanos también se basan en una revisión de diferentes fuentes. El informe de Quinet (2013) detalla las decisiones realizadas para estimar estos valores del tiempo:

“A diferencia de las recomendaciones del informe Boiteux y Baumstark de 2001, estos valores se diferencian por el modo de transporte y también por el motivo del viaje. En distancias cortas, son más bajos que los valores de Boiteux y Baumstark porque el panel decidió seleccionar un sistema que fuera coherente con los valores interurbanos de tiempo en distancias cortas y valores urbanos: por debajo de 20 km, los viajes por motivos profesionales recibieron el mismo valor de tiempo, independientemente que el viaje fuera urbano o interurbano, y del modo de transporte. Del mismo modo, por debajo de 20 km, los valores de tiempo para "otros" propósitos (urbano) y "vacaciones" o "personal-otro" (interurbano) son idénticos, independientemente del modo de transporte.”

Como se muestra en la Tabla 50, el VoT tiende a crecer con la distancia. Además, varía con el propósito del viaje y es mayor para viajes de trabajo que para viajes de ocio, ya que los anteriores suelen tener más restricciones.

Tabla 50: Francia – Valores del tiempo interurbanos (Euros/hr)

Modo	Propósito	Para distancia ≤20 km	Entre 20 y 80 km	Para 80 km	Entre 80 y 400 km	Para distancia ≥400 km	Para una distancia no especificada (valor para distancia media)	Distancia media para el modo (km)
Pasajero de auto	Todos	7.9	$0.090 \times d + 6.1$	13.3	$0.006 \times d + 12.8$	15.2	14.4	266.7
	Profesional	17.5	$0.202 \times d + 13.5$	29.6	$0.016 \times d + 28.4$	34.8	32.7	
	Vacaciones	6.8	$0.031 \times d + 6.2$	8.7	$0.012 \times d + 7.7$	12.4	10.9	
	Otros	6.8	$0.067 \times d + 5.5$	10.8	$0.019 \times d + 9.3$	17.0	14.4	
Bus	Todos	7.9	$0.166 \times d + 4.6$	17.9	$-0.019 \times d + 19.3$	11.9	13.9	293.8
	Profesional	17.5	$0.153 \times d + 14.5$	26.7	$0.004 \times d + 26.3$	28.0	27.6	
	Vacaciones	6.8	$0.031 \times d + 6.2$	8.7	$0.003 \times d + 8.4$	9.8	9.4	
	Otros	6.8	$0.067 \times d + 5.5$	0.8	$0.006 \times d + 10.4$	12.8	12.1	
Tren	Todos	7.9	$0.246 \times d + 3.0$	22.7	$0.011 \times d + 21.8$	26.2	25.4	331
	Profesional	17.5	$0.429 \times d + 9.0$	43.3	$0.000 \times d + 43.3$	43.3	43.3	
	Vacaciones	6.8	$0.250 \times d + 1.8$	21.8	$0.000 \times d + 21.8$	21.8	21.8	
	Otros	6.8	$0.265 \times d + 1.5$	22.7	$0.000 \times d + 22.7$	22.7	22.7	
Aéreo	Todos					$0.001 \times d + 53.2$	54.2	1 208.9
	Profesional					$0.000 \times d + 72.9$	72.9	
	Vacaciones					$0.000 \times d + 52.2$	52.2	
	Otros					$0.000 \times d + 53.4$	53.4	
Todos los modos	Todos	7.9	$0.155 \times d + 4.8$	17.2	$0.021 \times d + 15.5$	$0.006 \times d + 21.6$	19.1	
	Profesional	17.5	$0.218 \times d + 13.2$	30.6	$0.029 \times d + 28.3$	$0.020 \times d + 32.0$	36.2	
	vacaciones	6.8	$0.055 \times d + 5.7$	10.1	$0.022 \times d + 8.4$	$0.005 \times d + 15.1$	11.2	
	Otros	6.8	$0.215 \times d + 2.5$	19.7	$0.003 \times d + 19.5$	$0.008 \times d + 17.3$	23.0	

Fuente: Quinet (2013).

En relación a los diferentes tipos de tiempo, particularmente para el caso de transporte público, se señala (i) que el nivel de comodidad puede medirse en términos del espacio personal disponible a quienes abordan un vehículo (i.e., pasajeros/m²); (ii) otros factores que afectan el nivel de comodidad incluyen el tiempo de caminata y la espera asociada a transbordar, la posibilidad de viajar sentado, la calidad del ambiente (en vehículos y terminales), la ventilación y las condiciones sonoras y visuales tanto dentro como fuera de los vehículos.

Por otro lado, respecto a la valoración relativa de los tiempos fuera del vehículo (espera, caminata antes y después del viaje y transbordos); el informe Quinet (2013) recomienda escalar cada minuto de estos tiempos de acuerdo al nivel de incomodidad expresado en minutos de tiempo en viaje en el vehículo equivalentes (Tabla 51).

En cuanto a la comodidad, el informe Quinet (2013) sólo recomienda considerar el nivel de hacinamiento y la posibilidad de viajar sentado (en base a una encuesta realizada en el sistema de transporte público de París), como se muestra en la Tabla 52, ya que:

"many studies propose monetary values to reflect the presence or absence of services in quantity (television, music, surveillance, food and drink, etc.). The solidity of these estimates is questionable, however, as is the statistical independence of the values estimated for each service, and it might be advisable to wait for the field to undergo further study."

Tabla 51: Francia – Tiempos de espera, caminata y transbordo

Tipo de tiempo fuera del vehículo	Min equivalentes
Tiempo de espera	1,5
Tiempo de caminata antes y después del viaje	2,0
Tiempo de transbordo	2,0

Nota: Un min de tiempo de espera se percibe como 1,5 min de tiempo de viaje.

Fuente: Quinet (2013).

De todo lo anterior, se puede ver que en Francia el VTV se considera muy ligado a la confiabilidad, confort y otras características específicas del viaje. Además, en el caso de transporte público, se diferencian los valores para tiempo de viaje *en el vehículo* y *fuera* (espera, caminata, transbordos). Finalmente, el VoT es función de la *distancia* y *propósito*, y también del *modo* (auto, bus, tren y avión) en el *caso interurbano*.

Tabla 52: Francia – Multiplicadores del tiempo en TP basados en factores de carga

Como viaja – todos los modos (tranvía, metro, bus, tren de cercanías)	Multiplicador del tiempo en transporte público K(p) como función del número de pasajeros de pie (p)/m ² en el vehículo	
	Para situaciones en que hay disponibilidad de asientos	Para p > 0
Sentado	K(p) = 1,00	Ka(p) = 1,00 + 0,08*p
De pie*		Kd(p) = 1,25 + 0,09*p

* Para ilustrar, supongamos que un servicio regular de transporte público tiene un promedio de tres pasajeros de pie/m², entonces el tiempo de viaje percibido por cada pasajero de pie se determina escalando su VoT por el multiplicador $1,25+3*0,09 = 1,52$. El VoT a elegir para este cálculo debe reflejar el VoT total para el individuo considerado (por modo, propósito y distancia).

Fuente: Quinet (2013).

3.6 Nueva Zelanda

El informe de Wallis et al. (2015) abordó las lagunas de conocimiento (internacional) sobre métodos de valoración del ahorro de tiempo de viaje (VTTS) para su uso en la evaluación económica de proyectos de inversión en transporte, en tres temas de interés:

- (i) Valoración de ahorros de tiempo vs. duración del viaje. ¿Varía significativamente el VTTS individual (por minuto) con la duración total (o distancia) del viaje? y, si es así, ¿cuál es el patrón de variación?
- (ii) Valoración del ahorro de tiempo vs. magnitud del tiempo ahorrado. ¿Varía sustancialmente el VTTS individual entre pequeños ahorros de tiempo y ahorros de tiempo mayores?; y, si es así, ¿cuál es el patrón de variación?
- (iii) Consideración del ingreso. ¿El VTTS para evaluaciones económicas debería basarse directamente en la disposición al pago (DAP) de los viajeros por ahorrar tiempo; o estos valores deberían ajustarse para compensar los efectos de diferencias de ingreso; o debería adoptarse un único valor "equitativo" del tiempo (no comercial) para todos los viajes?

Previo a esto, revisan la importancia de los VTTS en evaluación de proyectos, llegando a la conclusión que constituyen la mayoría (típicamente alrededor de 80%) de los beneficios económicos convencionales en proyectos de transporte. Sin embargo, notan que el interés reciente por expandir el ámbito de la evaluación económica e incorporarla en un marco más amplio de análisis multi-criterio, ha reducido la importancia de los ahorros de tiempo en el proceso de decisión completo.

3.6.1 Valor del tiempo vs. duración del viaje

La mayor parte de la evidencia internacional indica que existe una fuerte relación entre el VTTS unitario y alguna medida de la duración del viaje (distancia, tiempo, costos). Normalmente, los valores unitarios (por minuto) para viajes de mayor distancia (i.e., tres o más horas) son del orden de 50% a 100% mayores que los valores para viajes más cortos (i.e., menos de 20 min). Sólo sería necesario estudiar cuál sería la medida más adecuada de la duración de un viaje (distancia, tiempo, alguna medida de costos). Sin embargo, la implementación de una función VTTS que varíe con la duración del viaje añadiría complejidad y requeriría datos adicionales al proceso de evaluación económica, a fin de predecir en forma robusta las distribuciones de longitud de viaje.

No obstante, algunos investigadores internacionales son escépticos de la conclusión predominante de la investigación de mercado sobre VTTS superiores para viajes más largos, y hacen notar los siguientes puntos:

- (i) cualquier ahorro de tiempo en viajes más largos puede estar dentro del "umbral" típicamente permitido para la incertidumbre del tiempo de viaje y, por lo tanto, es poco probable que sea altamente valorado; y
- (ii) hay algunas sugerencias, aunque actualmente muy poca evidencia "dura", que la respuesta de las personas al ahorro de tiempo se relaciona más con el ahorro proporcional en lugar del absoluto (e.g., análogo a una función de elasticidad de la demanda constante) y, por lo tanto, los valores unitarios deberían ser más bajos para viajes más largos.

Dada la importancia de este argumento de proporcionalidad y la falta de investigación internacional sobre su validez, diseñaron una encuesta exploratoria sobre las preferencias de conductores de automóviles entre ahorrar una cantidad determinada de tiempo en viajes de mayor duración vs. viajes de duración más corta. Se encontró:

- (i) una relación débil, aunque positiva, entre VTTS unitario y la distancia de viaje (i.e., el VTTS aumenta con la distancia) para conductores de auto; esta relación no es válida para viajes cortos (menos de 10 min de duración) ni viajes sobre 100 km, que no se encuestaron;
- (ii) los encuestados valoraban más ahorrar una cantidad específica de tiempo (5 min por ejemplo) en un viaje corto que en uno largo; esto da sustento a la hipótesis de proporcionalidad, y concluyen que se debe posiblemente a la forma como se hizo la pregunta. Sin embargo, el estudio no entrega una conclusión definitiva a este respecto.

3.6.2 Valor del tiempo vs. magnitud del ahorro

La pregunta clave en este caso fue si, dada la evidencia proveniente de investigación de mercado, ¿deberían valorarse menos los ahorros de tiempo pequeños que los ahorros de tiempo más grandes?

Al examinar la evidencia internacional (varios estudios europeos, incluyendo el Reino Unido) se encuentra consistentemente que:

- (i) el valor unitario del VTTS crece hasta un cierto umbral, que está generalmente entre 15 y 45 min de ahorro, dependiendo del modo;
- (ii) los valores para ahorros de 3-5 min son típicamente la mitad de los anteriores.

No obstante, se menciona que los investigadores de dichos estudios han argumentado que este resultado podría deberse a la naturaleza artificial de los diseños experimentales utilizados.

También se examinó la práctica sobre valoración de pequeños ahorros de tiempo en países líderes, encontrándose que la mayoría adopta un valor unitario constante (VUC) (con la excepción de países como Alemania y Canadá). Incluso, algunos países que antes utilizaban valores del tiempo más bajos para pequeños ahorros de tiempo, como Francia y EE.UU., han cambiado al enfoque VUC. Finalmente, aunque el Reino Unido usa el enfoque VUC, también requiere que los beneficios por concepto de ahorros de tiempo se clasifiquen en seis bandas de tiempo, de acuerdo a la magnitud de los ahorros.

Dado todo lo anterior, y por ser un método más sencillo, recomiendan usar el enfoque VUC en Nueva Zelanda.

3.6.3 Tratamiento del ingreso (temas de equidad)

Se consideró si los VTTS para evaluación económica deberían basarse más o menos directamente en las DAP de los viajeros por ahorros de tiempo, esto es, en los valores subjetivos del tiempo, o si deberían ajustarse para contrarrestar los efectos de diferencias de ingreso. La idea es evitar que se produzca un sesgo favorable a proyectos que beneficien más a los sectores más ricos que – naturalmente – tienen valores subjetivos del tiempo mayores. Sin embargo, notan otros problemas. Por ejemplo, la elección de modo puede depender en forma importante de las circunstancias particulares del viaje; si un individuo enfrenta restricciones de tiempo importantes en un viaje, puede elegir viajar en taxi (rápido pero caro) en lugar de bus; y si no experimenta la restricción, lo haría en bus (lento pero barato). Este proceso de *auto-selección* da como resultado que los VTTS promedio de los modos más lentos sean significativamente más bajos que los de los modos más caros, aunque los ingresos promedio de los viajeros en ambos sean similares.

Así, cualquier ajuste de los VST para imponer igualdad entre modos, ignorando este factor de auto-selección procurará ajustar por diferencias de ingreso inexistentes, para neutralizar una genuina diferencia en las DAP, reduciendo significativamente la utilidad de los estimadores de beneficios económicos en la toma de decisiones; por ejemplo, en el caso de proyectos público privados, o de políticas como la introducción de tarificación por congestión. Un enfoque potencialmente interesante para este dilema, es adoptar un conjunto de valores unitarios del tiempo ajustados solamente por ingreso, que posibilitarían diferenciar por otros efectos que no tengan que ver con diferencias de ingreso; este es el enfoque que se ha adoptado en Suecia.

3.7 Conversaciones con Expertos Internacionales

Como parte de la revisión internacional, tomamos contacto con un conjunto de expertos en diversos países, a quienes consultamos por la existencia de un estudio nacional sobre el valor del tiempo o, en su defecto, si el país tenía reglas o una normativa acerca de que valores utilizar en evaluación social de proyectos de transporte. A continuación, se señala quienes son los expertos consultados y se resume lo fundamental de estas conversaciones.

3.7.1 Especialistas contactados

Alemania

Dr. Kay W. Axhausen,
Professor & Chair, Institute for Transport Planning and Systems (IVT),
Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering,
ETH Zürich (axhausen@ivt.baug.ethz.ch)
Dr. Heike Link,
Senior Research Manager, Department of Energy, Transport and the Environment,
German Institute for Economic Research (DIW-Berlin) hlink@diw.de

Australia

Dr. David A. Hensher,
Professor & Founding Director, Institute for Transport and Logistics Studies,
Business School,
The University of Sydney (david.hensher@sydney.edu.au)

Canadá

Dr. Eric J. Miller,
Professor & Director, Transportation Research Institute
Department of Civil & Mineral Engineering, School for the Environment
University of Toronto (eric.miller@utoronto.ca)

China

Dr. Jianhong Wu,
Professor, School of Economics and Management,
Beijing Jiaotong University (wujh@bjtu.edu.cn)

Corea del Sur

Dr. Juyoung Kim.
Chief Director, Department of National Transport Big Data,
Korea Transportation Institute (KOTI) jykim@koti.re.kr

EE.UU.

Dr. Chandra R. Bhat, Joe J. King Chair in Engineering,
Director, US DOT Center on Data-Supported Transportation Operations and Planning,
Department of Civil, Architectural & Environmental Engineering
The University of Texas at Austin (bhat@mail.utexas.edu)

Dr. José Holguín-Veras, William H. Hart Professor,
Director, Center for Infrastructure, Transportation and the Environment (CITE),
Director VREF Center of Excellence for Sustainable Urban Freight Systems,
Rensselaer Polytechnic Institute (jhv@rpi.edu)

Dr. Hani S. Mahmassani, William A. Patterson Distinguished Chair in Transportation,
Director, Northwestern University Transportation Center (NUTC),
Department of Civil & Environmental Engineering,
McCormick School of Engineering & Applied Sciences,
Northwestern University (masmah@northwestern.edu)

Dr. Kenneth Small,
Professor Emeritus, School of Economics,
University of California at Irvine (ksmall@uci.edu)

España

Dr. Andrés Monzón de Cáceres
Catedrático y Director, Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid (andres.monzon@upm.es)

Dr. Francesc Robusté
Catedrático de Transporte,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Cataluña (f.robuste@upc.edu)

Japón

Dr. Takayuki Morikawa

Professor, Global Research Institute for Mobility in Society,

Institute of Innovation for Future Society,

Nagoya University (morikawa@nagoya-u.jp)

3.7.2 Resumen de lo conversado

En el caso de Alemania, que efectivamente realizó un estudio nacional en 2012, se logró acceso a la tesis de doctorado de Dubernet (2019) y a una serie de artículos relacionados con el estudio, que resultaron de gran ayuda para comprender la magnitud del esfuerzo realizado en ese país.

En Australia se hizo ver que no existía un estudio nacional, solo recomendaciones que varían por condado y se entregó información sobre el estudio realizado en el Estado de Nueva Gales del Sur, que comentamos en la sección 2.9 de este informe.

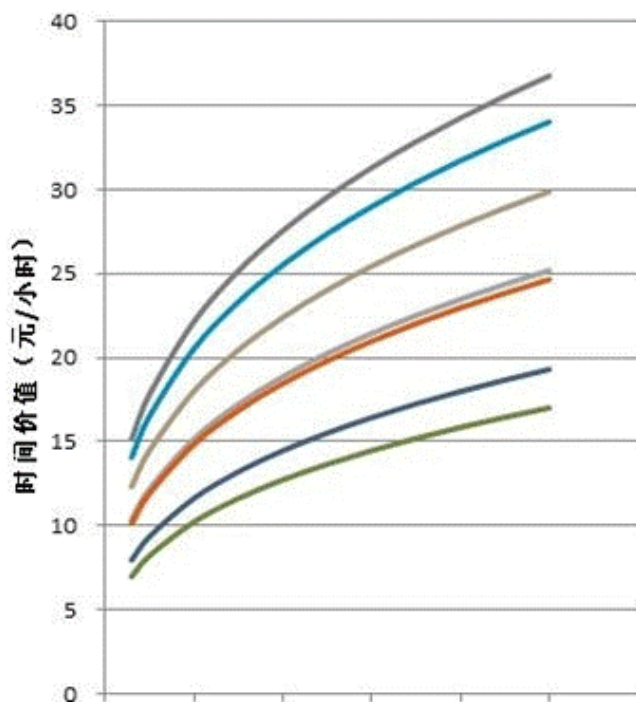
En Canadá se constató que tampoco existía un estudio nacional, y se nos informó que el país estaba, lamentablemente, bastante atrasado en cuanto a evaluación económica de inversiones en transporte. En efecto, de acuerdo a Prof. Miller, el problema se origina por el hecho que el gobierno federal no juega prácticamente rol alguno en transporte urbano, por lo que no existe un estándar nacional uniforme, o siquiera una guía, en este sentido. Así, cada provincia y sus municipalidades se enfrentan en forma diferente las decisiones de inversión, pero – típicamente en forma *ad-hoc* e inadecuada. También considera que muchas veces existe una fuerte componente de influencia política en estas decisiones, y no se considera seriamente la evidencia técnica.

En el caso de Toronto, la agencia de planificación de transporte regional intenta hacer “*business cases*” para cada proyecto bajo su jurisdicción, pero no están al nivel de la mejor práctica internacional. Nos entregó un documento guía (Metrolinx, 2019) en que se recomienda utilizar un valor del tiempo igual a CA\$17,95 (pag. 71), pero no le parece claro como se llega a un valor tan preciso aun que, comenta, es bastante consistente con el tip o de valor que se obtiene al estimar modelos de elección de modo.

En China tampoco existe un estudio nacional. Prof. Wu nos envió la Ilustración 2, que muestra la variación de diversos valores del tiempo (eje vertical) con el ingreso de los viajeros (eje horizontal); en orden descendiente de magnitud se grafican los valores para el tiempo de (i) caminata al destino, (ii) de transbordo, (iii) en bus, (iv) en taxi, (v) espera, (vi)

en metro y (vii) en auto. Claramente, la percepción de la comodidad de cada situación afecta el valor de forma que es más alto en cuanto más incómodo o desagradable¹.

Ilustración 2: China – Valor del tiempo de viaje en función del ingreso



Fuente: Prof. Wu, comunicación personal

Además, hizo referencia a dos artículos en que se discute la evaluación económica y financiera de proyectos de tren de alta velocidad (“*high speed train*”, HST) en China. La sección 5.2.1 del primer documento (Wu, 2013) se refiere a la estimación del valor del tiempo (VTV) en China:

“En China, no existe un parámetro oficial para VTV ni un estudio específico confiable en este campo. Sin embargo, el principio de disposición a pagar, r para estimar VTV, se incluyó en el documento oficial para evaluar proyectos ferroviarios (MOHURC, NDRC y MOR, 2012) y la práctica común es utilizar, como una estimación del VTV, al salario medio por hora más el pago de asistencia social del empleado en unidades urbanas para viajeros de negocios y 30% -50% para viajeros que no son de negocios”

Y este análisis se repite en Wu et al. (2014) que es una referencia más accesible; no obstante, en ninguno de estos documentos se hace referencia a variaciones del VOT por tipo de tiempo, como sugiere la figura anterior.

¹ Desgraciadamente no existe una referencia para esta figura.

En Corea del Sur, se logró obtener el documento KOTI (2018) que se comenta en 3.1.

En EE.UU., en cambio, la discusión fue interesante porque iba desde la opinión, bastante tajante, del Prof. Holguín-Veras en el sentido en que no existían recomendaciones y cada proyecto se analizaba de manera *ad-hoc* por parte de los consultores a cargo (incluso utilizando análisis *input-output* sumamente agregado), a una posición intermedia, la del Prof. Small que, reconociendo la inexistencia de recomendaciones obligatorias o una normativa, si hacía ver la existencia de una guía como la que se discutió en 3.3.

Por otro lado, el Prof. Mahmassani señaló que si bien no se había logrado producir una normativa, existía un conjunto de “buenas prácticas” que se podían consultar en el “libro rojo” de la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 2010); esta guía define la “práctica actual”, pero sus valores y procedimientos típicamente se utilizan sólo en proyectos de gasto de capital (lease construcción de autopistas) y no en proyectos urbanos de transporte público.

También nos comentó la existencia de un par de estudios financiados por el *National Cooperative Highway Research Program* (NCHRP, 2009) y por el *Strategic Highway Research Program* (SHRP-II, 2012), que reflejaron las ideas y enfoques que tuvieron influencia en funcionarios a distintos niveles de la jerarquía del *Transportation Research Board* (TRB), como parte de un proceso tendiente a cambiar las prácticas en los distintos estados. Por ejemplo, en la actualidad se pueden ver grandes diferencias en la forma como Nueva York, Chicago o San Francisco enfocan el problema en comparación a Wyoming o Dakota del Sur (por razones obvias). Los procesos federales tienden a avanzar de la mano de las necesidades de la áreas urbanas más importantes, manteniendo procesos más sencillos para los estados más rurales del vasto centro de los EE.UU. Estos estudios produjeron algunos informes interesantes que incluían revisiones del valor del tiempo y de la confiabilidad, y tuvieron como principales analistas a Mark Bradley y Peter Vovsha, pero también lo involucraron a él y a Ken Small.

En España, ambos entrevistados nos comentaron que no existe una metodología oficial española, y que – a lo más – el Ministerio de Transportes tiene algunas recomendaciones metodológicas para evaluación de proyectos donde hay algunas cifras no oficiales ni exigibles. Se mencionaron dos tesis de doctorado de hace muchos años atrás (de Ana Matas y de Mateo Turro) y el estudio más completo y reciente de Román et al. (2014), para el corredor Madrid-Barcelona, discutido en la sección 3.4.

Finalmente, en Japón, el Prof. Morikawa nos informó que no existen informes en inglés, pero que básicamente el gobierno japonés recomienda utilizar el método de costo de oportunidad. Para pasajeros de auto se utiliza la tasa salarial nacional promedio, considerando la tasa de ocupación promedio (esto es, cerca de 1,3 personas/vehículo). Se

utilizan diferentes tasas salariales para viajes de negocios y otros (no se distingue entre los viajes que no sean de negocios); en el caso de viajes de negocios, la tasa salarial es bruta, incluyendo beneficios extra (*"fringe benefits"*) e impuestos.

En el caso de viajes en bus, se usan la tasa salarial promedio de choferes de bus, y la tasa salarial nacional promedio para los pasajeros (se procede de igual forma para los restantes modos). Como se conoce la razón entre viajeros con motivo negocios y otros a partir de encuestas, se puede calcular la distribución adecuada entre tasas salariales para negocios y otros propósitos.

4 Estudios Chilenos sobre Valor del Tiempo y Otros Temas Destacados

En esta sección pasamos revista a estudios nacionales sobre el valor del tiempo de viaje e investigaciones nacionales sobre tópicos vinculados que merecen ser destacadas.

4.1 Actualización Valor Social del Tiempo en Proyectos de Vialidad Interurbana

En este estudio (Fernández y De Cea Ingenieros, 2005), se diferenció por carga y pasajeros. Para la carga, la estimación se hizo tomando en cuenta el costo por lucro cesante de los vehículos de carga, dadas las condiciones competitivas de la industria, usando información de preferencias declaradas provenientes de un estudio de demanda para la concesión del Túnel El Melón. Esta parte del estudio no se reportará en este informe por estar fuera del alcance de este proyecto.

En el caso de pasajeros se utilizó modelos de elección discreta, usando datos de preferencias reveladas provenientes de la EOD Macro Zona Central Norte 2002; desgraciadamente la medición de las variables de servicio de cada modo fue sumamente agregada, lo que atentó contra la calidad de los modelos. Los modos considerados fueron los siguientes:

- Transporte privado: Auto, Camioneta, Furgón Privado y Furgón Transporte Escolar
- Buses: Clásico, Ejecutivo, Salón Cama, Bus Convencional Amarillo y Taxibus
- Tren: Merval, Metro-Tren y servicios EFE tradicionales.
- Avión
- Transporte público menor: Taxis, Taxicolectivos y Furgones de transporte público.

Los propósitos de viaje fueron: Trabajo (40,1%), Turismo (31,3%) y Otros (27,6%), se diferenció entre viajes en temporada normal y temporada de verano, y se consideró 11 categorías de ingreso de los viajeros (2,9% sin información). Un elemento interesante de este estudio, es que se consideró el tamaño de grupo que viajaba (N) y cuantos de esos financiaban viaje (n), siguiendo la metodología propuesta por Ortúzar (2000)²; también se consideró la posibilidad de que el número de autos y en el hogar, y la distancia del viaje afectara los resultados, pero ambas variables resultaron poco significativas o con signo contrario a lo esperado. La modelación incluyó probar especificaciones lineales, variables no-lineales y transformaciones de Box-Cox (Gaudry et al., 1989); el mejor ajuste se obtuvo con modelos que incluían términos cuadráticos para el tiempo de viaje y el costo/ingreso (Jara-Díaz, 2007).

² Sin embargo, el mejor modelo resultó cuando se hacía $N=n$.

Para estimar los valores sociales del tiempo se utilizaron dos enfoques alternativos: (i) un enfoque tradicional que definió la valoración social como la suma de las disposiciones a pagar de los viajeros del sistema sin ponderaciones especiales y (ii) un enfoque alternativo, basado en Gálvez y Jara-Díaz (1998), donde la valoración por ahorrar tiempo de viaje depende de la carga tributaria de cada individuo y no de su productividad individual.

Debido a la forma funcional de las utilidades consideradas, el valor del tiempo se calculó por individuo para cada modo y propósito/temporada. Luego, los resultados fueron promediados para obtener el valor de cada categoría. Se verificó que para todos los individuos la utilidad marginal del ingreso fuese decreciente y que la utilidad disminuyera con el aumento del tiempo de viaje.

Tabla 53: FDC - Valor social del tiempo de viaje por modo

Modo	(\$/hr)	
	Enfoque Tradicional	Enfoque alternativo
Auto	5,154	3,861
Bus Convencional	881	1,220
Bus Salón Cama	617	863
Tren	1,161	1,110
Avión	2,778	983
TPM	8,853	14,371
Promedio VST	3,324	3,235

Fuente: Fernández y de Cea Ingenieros (2005)

Tabla 54: FDC - Valor social del tiempo de viaje por propósito-temporada

Propósito	Temporada	(\$/hr)	
		Enfoque Tradicional	Enfoque alternativo
Trabajo	Verano	3,624	3,049
Turismo	Verano	2,032	2,069
Otros	Verano	2,005	2,092
Trabajo	Normal	5,345	5,221
Turismo	Normal	5,952	6,027
Otros	Normal	2,557	3,033
Promedio VST		3,324	3,236

Fuente: Fernández y de Cea Ingenieros (2005)

Finalmente, se estimó un valor social del tiempo para autos, camionetas y buses, utilizando los valores anteriores y la tasa de ocupación de los distintos tipos de vehículo.

Tabla 55: FDC - Valor social del tiempo de viaje para vehículos de pasajeros

Vehículo	Modo Modelación	\$ /pax-hr		Tasa de Ocupación pax/veh	\$ /veh-hr	
		Tradicional	Alternativo		Tradicional	Alternativo
Automóvil	Auto	5,154	3,861	2.2	11,339	8,495
Camioneta	Auto	5,154	3,861	1.9	9,793	7,336
Bus	Bus Convencional	881	1,220	40.1	35,316	48,902

Fuente: Fernández y de Cea Ingenieros (2005)

4.2 Actualización Valor Social del Tiempo de Viajes Interurbanos

En este estudio (CIPRES, 2010), también se utilizó información de preferencias reveladas, y cuatro modos de transporte: vehículo liviano (auto o camioneta), bus interurbano (clásico, ejecutivo, semicama o cama), tren (preferente o salón) y avión. Los períodos de modelación fueron temporada normal (2009) y de verano (2010).

Como atributos se consideró al Costo, Tiempo de viaje, Número de Transbordos, Distancia en auto, Distancia de acceso, Distancia de Egreso, Tamaño del grupo familiar, Tamaño del grupo de viaje, Ingreso Familiar, Financiación del empleador, acceso desde zona rural, egreso a zona rural. Se utilizó una transformación Box-Cox para las distancias de acceso, egreso y en auto. La variable ingreso se intrujo a través de especificar las variables Costo/Ingreso o Costo/Ingreso-per-cápita.

Se estimó modelos de tipo Logit Multinomial y Logit Jerárquico. Para temporada Normal se eligió un Logit Jerárquico con variables con transformación Box-Cox, y nido de transporte público terrestre, dejando fuera las alternativas Avión y Auto. Para la temporada de verano se eligió un modelo Logit Multinomial con función de utilidad lineal en parámetros.

Para estimar los valores sociales del tiempo, en este caso se usaron tres enfoques para su estimación: (i) Tradicional, estimando el valor como el promedio ponderado de las estimaciones individuales en función de las particiones modales, estratificaciones de ingreso, propósito y temporada; (ii) Distributivo, mediante la asignación del mismo peso a todos los individuos, que valoraban el ahorro de tiempo de manera inversa a la utilidad marginal que induce su carga tributaria; y (iii) Mixto, usando una combinación de ambos

enfoques, donde el valor del tiempo tenía un porcentaje aplicado a los viajes de trabajo y a los viajes de ocio.

El estudio también estimó valores del tiempo de carga que no se reportan por estar fuera del ámbito de este proyecto.

Tabla 56: CIPRES - Valor social del tiempo de pasajeros (\$ Febrero 2010)

Modo de Transporte	Unidad	Temporada Normal			Temporada de Verano		
		Tradicional	Distributivo	Mixto	Tradicional	Distributivo	Mixto
Auto	\$/pax-hr	2617	1821	2360	2625	2442	2857
	\$/veh-hr	5025	347	4531	6877	6389	7486
Bus	\$/pax-hr	1310	973	1339	2797	2584	2940
Tren	\$/pax-hr	1473	1019	1773	2552	2345	2729
Avión	\$/pax-hr	6348	4385	3232	5124	5288	4755
Todos	\$/pax-hr	1931	1337	1809	2723	2672	2910

Fuente: CIPRES (2010)

4.3 Valor Social del Tiempo de Pasajeros Interurbanos con Nuevas Formulaciones de Modelos de Demanda

Este estudio (EBC Ingeniería, 2012) usó el banco de datos de CIPRES (2010) con modificaciones en la definición de zonas y distancia de acceso/egreso para avión y tren, y consideración de modos combinados. Los modos de transporte considerados fueron: Auto, Bus Clásico, Bus Semi-Cama, Bus Cama, Avión, Tren Preferente, Tren Salón, Metrotren, Metrotren Combinado, Tren Terrasur Combinado y Avión Combinado. Se estimó modelos con todos los modos y también sacando los modos combinados.

Como atributos se utilizaron: el Costo, Tiempo de viaje, Número de transbordos, Distancia, Tiempo de acceso y Tiempo de egreso. El costo se consideró como el costo total del grupo que viajaba, diferenciando en si lo pagaba alguien de la familia u otra persona. El tratamiento del ingreso consideró dos posibilidades: (i) a través de la variable Costo/Ingreso y (ii) basándose en la tasa de gasto (Jara-Díaz, 2007), donde el tiempo disponible no era un día, sino el tiempo fuera del hogar, y el gasto total se refería al presupuesto destinado al viaje y el costo de éste. Se usó el ingreso como una proxy del presupuesto.

Se estimó modelos Logit Multinomial, Logit Jerárquico, Logit Mixto, con componente de error normal y Probit. En el caso del modelo Logit Mixto, se utilizó factores de expansión que tomaban en cuenta la disponibilidad de modos en cada par origen-destino (O-D),

tomando en cuenta la probabilidad de elección del modo en la población y en la muestra, para cada par O-D. No obstante, se eligió finalmente como mejor modelo al Logit Multinomial (lo que a estos consultores les resulta sorprendente, pero puede deberse a la mala calidad de los datos utilizados).

Para estimar valores sociales del tiempo se utilizó dos enfoques: (i) Enfoque MDS, en que el valor del tiempo (VTV) se basa en el enfoque de productividad. Así, el VTV se supone compuesto por el valor del tiempo de trabajo VTT y el valor del tiempo de otras actividades VTO, donde el valor del ocio se valora como una fracción del tiempo de trabajo. Se consideró un valor promedio del factor igual a 0,35. Otros supuestos consideraron la disponibilidad de ciertos modos de acuerdo a decil de ingreso; (ii) Enfoque SECTRA, en que el VTV nuevamente está compuesto por VTT y VTO, pero en este caso se usa el valor subjetivo del tiempo, obtenido de modelos de elección de modo, como la medida del valor del tiempo de ocio. Fracciones de viajes se toman de la misma encuesta y se diferencian por temporada. Para el cálculo del VTT se considera el salario más el costo de las leyes sociales y el impuesto a la renta. Los valores obtenidos deben ser multiplicados por la tasa de ocupación media en la red.

Con estos nuevos modelos y el enfoque del SECTRA, la valoración del tiempo de ocio resultó mayor a la del tiempo de trabajo, del orden de 1,5 a 1,84 veces según el modo (los modelos previos lo ubicaban entre 0,48 y 0,65). Al usar la tasa de ocupación promedio, los cambios más significativos respecto a los valores del MDS se dieron para los viajes en bus.

Tabla 57: EBC Ing. 2012 – Valores sociales del tiempo (\$/hr)

Modo	VTT	VTO	VT	VTO/VTT
Nuevos Modelos				
Auto	4449	6690	5755	1.50
Bus	2554	4596	4341	1.80
Tren	2221	4086	3511	1.84
Avión	7476	11282	9142	1.51
Camioneta	4449	6690	5570	1.50
Todos	3480	5363	4869	1.54
Modelos Sectra				
Auto	4449	2224	3176	0.50
Bus	2554	1527	1666	0.60
Tren	2221	1447	1774	0.65
Avión	7476	3595	6122	0.48
Camioneta	4449	2224	3337	0.50
Todos	3480	1856	2311	0.53

Fuente: EBC Ingeniería (2012)

Tabla 58: EBC Ing. 2012 – Valor social del tiempo por tipo de vehículo (\$/hr)

Tipo Vehículo	Trabajo	Ocio	VT	VT con TOC	SEBI
Automóvil	40.70%	59.30%	5778	11441	8466
Camioneta	74.80%	25.20%	5014	9928	11519
Bus Rural	14.10%	85.90%	4308	103391	40739
Bus Interurbano	37%	63%	3840	84489	52059
Bus				87608	50190

Fuente: EBC Ingeniería (2012)

4.4 Valor del Tiempo de Ocio

Este innovador estudio (Astroza y Jara-Díaz, 2011), utilizó la transformación de la Encuesta Origen-Destino del 2001 (Ampt y Ortúzar, 2004) realizada por Olguín (2008). Las modificaciones consistieron generar un banco de datos sobre uso semanal de tiempo y gastos obtenidos de otras fuentes. Este banco de datos contiene 9.464 trabajadores, 63.2% hombres, 36,8% mujeres y edad promedio de 42 años.

Se definió una serie de actividades: Hogar, Trabajo, Recreación y Tiempo comprometido (Trámites y compras, viaje, estudio y otros). Como características relevantes en el estudio del uso del tiempo se consideró: (i) Género: hombres más tiempo en el trabajo y menos en el hogar que las mujeres; (ii) Rango de edad: a mayor edad, más tiempo en hogar, menos en trabajo y recreación; (iii) Sector de residencia: el sector Oriente con más tiempo en el hogar, menos trabajo y más recreación.

La modelación es compleja (Jara-Díaz, 2007). Se debe resolver un problema de maximización de la utilidad dado el tiempo de trabajo y otras actividades, una canasta de bienes, sujeto a restricción presupuestaria, tiempo total disponible, y umbrales mínimos de tiempo por actividad y gasto en bienes. La formulación permite estimar el valor del ocio y el valor de asignar tiempo al trabajo, como función del gasto comprometido, tiempo comprometido y tasa salarial. Se formuló ecuaciones estructurales correspondientes al tiempo asignado a las diferentes actividades y el gasto asociado a diferentes bienes. Hay tres variables endógenas - tiempo de trabajo, tiempo de ocio y gasto en ocio - y cinco variables exógenas: gasto y tiempo comprometido, rango de edad, género e ingreso semanal. La disposición a pagar por el ocio se calcula como el efecto de la variable endógena tiempo de recreación sobre el gasto en recreación.

Se encontró que el valor del tiempo de ocio era positivo y aumentaba con la edad. El valor del tiempo de trabajo era negativo en segmentos de 25 años en adelante, y creciente

conforme aumentaba la edad. También existía desutilidad por asignar tiempo al trabajo en el margen. En cuanto al género, se encontró un valor del tiempo de trabajo positivo para mujeres y negativo para hombres. Finalmente, se encontró que a las mujeres del sector oriente eran el grupo a quien más le gustaba más trabajar, y los hombres de ese sector a los que más les disgustaba trabajar.

El valor del tiempo de ocio dio resultados bastante diferentes dependiendo del modelo utilizado para estimarlo: 25,1 \$/min para el modelo microeconómico vs 3,32 \$/min para el modelo ecuaciones estructurales. La diferencia radica en que para el modelo estructural se calcula el efecto total del gasto en una actividad de ocio sobre el tiempo asignado a ella. Según los autores, esto demuestra que la disposición a pagar revelada por ocio corresponde al valor del ocio microeconómico multiplicado por un factor asociado a los parámetros de consumo en la utilidad. Al tener en cuenta el gasto en recreación (suma del consumo de todos los bienes asociados a esa actividad), en el modelo microeconómico se obtiene un valor de 5.92 \$/min, que es indudablemente más comparable con el otro enfoque.

4.5 Análisis Valor Social del Tiempo Urbano Diferenciado por Modo

El estudio (DICTUC, 2012) partió haciendo una acuciosa revisión del marco conceptual asociado a valorar el tiempo, seguida de una síntesis de los principales estudios teóricos y empíricos (nacionales e internacionales). Posteriormente se revisó los principales modelos, estadígrafos y datos utilizados – en general – para estimar valores subjetivos del tiempo.

En la parte más aplicada, se estimó valores del tiempo – por modo, propósito y período del día (punta mañana y fuera de punta) - utilizando información proveniente de las encuestas origen-destino (EOD) correspondientes a dos ciudades intermedias, Antofagasta (1998) y Talca (2003). Como en ambos casos no se contaba con información precisa respecto a las variables de nivel de servicio, estas fueron generadas de forma agregada mediante corridas estratégicas del modelo Vivaldi de SECTRA.

En ambas ciudades, se seleccionó una muestra de los datos de cada EOD correspondientes a viajes con propósito: Trabajo, Estudio y Otros, utilizando una gran variedad de modos de transporte: Auto chofer, Auto acompañante, Moto, Bus, Taxi, Taxi Colectivo, Transporte escolar, Transporte institucional, Bus interurbano, Bicicleta, Caminata y Otros modos.

No obstante, dada su importancia relativa en cada caso, para Antofagasta sólo se consideró cinco modos (Auto chofer, Auto acompañante, Bus, Taxi Colectivo y Caminata) y en Talca siete modos (Auto chofer, Auto acompañante, Bus, Taxi-Colectivo, Transporte escolar, Bicicleta y Caminata).

Para seleccionar la muestra se exigió una serie de filtros: (i) que la hora media del viaje estuviera dentro de los períodos analizados; (ii) que el modo fuera uno de los considerados relevantes; (iii) que el usuario hubiera reportado su ingreso; (iv) que el viaje fuera dentro de la ciudad y (v) que el viaje no tuviera más de una etapa. También se establecieron una serie de condicionantes lógicas para decidir la disponibilidad de cada modo. Con todo lo anterior se obtuvieron muestras de calibración, de más de 3.000 observaciones por período en Antofagasta, y de 2.372 y 1.223 (para punta y fuera de punta respectivamente) en Talca.

Los modelos, por propósito y período, estimados fueron del tipo Logit Multinomial y las funciones de utilidad consideraron el tiempo de viaje (total en el caso de transporte público), costo/ingreso (y también costo interactuando con el nivel de ingreso) e interacciones de las variables tiempo con el sexo de la persona. Con esto, fue posible estimar valores subjetivos del tiempo por modo (excepto para el caso de los modos son costo, como caminata y bicicleta), propósito y hora del día. También, y esto constituye una innovación respecto a los restantes estudios analizados, se estimaron intervalos de confianza para cada valor, de acuerdo a la metodología de Armstrong et al. (2001).

El estudio concluyó estimando valores sociales del tiempo utilizando las metodologías tradicional y alternativa, mencionadas anteriormente. Los consultores concluyen que los valores del tiempo por modo, resultantes del ejercicio, tienden a ser mayores que el valor del tiempo propuesto por MIDEPLAN; no obstante, el enfoque alternativo reduce algo esta brecha, y también logra reducir el posible efecto de inequidad producto de la distribución del ingreso – al momento de calcular un valor promedio – problema que era más notorio en la ciudad de Talca (donde hay mayor variabilidad en el ingreso del hogar).

4.6 Valor Social del Tiempo de Viaje Urbano - Enfoque de Disponibilidad a Pagar

El estudio (EBC Ingeniería, 2014) revisó las EOD de 22 ciudades chilenas (1986 – 2013) y analizó los modelos estimados con seis ciudades con encuesta posterior a 2010 (Santiago, Arica, Iquique, Antofagasta, Calama y Valdivia).

Los modos de transporte considerados fueron: Caminata, Auto, Bus, Taxi Colectivo, Taxi, Bicicleta y Auto Acompañante, pero los modelos finales fueron estimados sólo con modos motorizados de transporte. Se consideró como atributos al Costo, Tiempo de viaje, Tiempo de espera y Tiempo de acceso. Para tratar el ingreso, se introdujo la variable Costo/Ingreso per cápita del hogar. Por otra parte, se incluyó una interacción entre el Costo/Ingreso-per-cápita y una variable dicotómica de trabajo, si el viaje era con motivo trabajo.

Se estimó constantes específicas genéricas, exceptuando el caso de Santiago y modelos usando factores de escala entre ciudades, aunque finalmente se fijó el factor de escala de Santiago y se usó un factor común para las otras ciudades.

Se estimó modelos Logit Multinomial, Logit Mixto y Modelos con una corrección del error de medición. Estos últimos se basaban en la existencia de dos fuentes de información para la generación de banco de datos (el modo usado y reportado por el usuario y modos alternativos imputados mediante un modelo de asignación) que incluye errores de medición, que violan el supuesto de independencia del modelo Logit Multinomial.

La corrección aplicada consistió en la estimación de la distribución del valor real de la variable condicionada en el valor de la misma con el error de medición. Para ello se tomó el valor real como el expresado por el usuario en la respectiva EOD y el valor con error de medición como el extraído del modelo de asignación. Luego se hizo la estimación conjunta de la probabilidad del modelo con la distribución del valor real de la variable mediante integración por simulación, como se hace en modelos con parámetros aleatorios.

Se concluyó que el modelo Logit Multinomial no era válido para estimar el valor del tiempo, ya que sus parámetros estaban sesgados debido a que la especificación, no pasó el test de Hausman-McFadden para evaluar IAI. No obstante, los modelos con parámetros aleatorios parecían no corregir los sesgos, dando como resultado valores del tiempo significativamente más altos que el salario por hora de los viajeros. Mediante la corrección del sesgo por error de medición del tiempo de viaje, los valores subjetivos del tiempo resultaron finalmente consistentes con la teoría y con el salario de los usuarios.

Así, para estimar el valor subjetivo del tiempo, se recomendó usar el modelo con corrección del sesgo de medición en el tiempo de viaje.

Tabla 59: EBC Ing. 2014 – Valor del tiempo según modelo

Modelo	VT (\$/min)	VT (\$/hr)
Multinomial Simple	330.5	19829
Con parámetros aleatorios	632.6	37954
Con parámetros aleatorios y componente de error normal	206.7	12402
Multinomial simple con corrección de variables	19.6	1178
Con corrección de variables y componente de error normal	17.2	1031

Fuente: EBC Ingeniería (2014)

Para el valor social del tiempo, se propuso usar el valor subjetivo del tiempo para viajes de ocio y para el valor del tiempo de trabajo el costo de la mano de obra por hora. Para la proporción de viajes de trabajo usando modos motorizados se usó 2.3%, dato estimado según las EOD. Para el valor del tiempo de ocio era necesario tener el ingreso per cápita del hogar. Usando el costo de mano de obra del INE de Noviembre 2013 (4.671 \$/hr) y el ingreso

medio per cápita por hogar de \$262 759, según la encuesta de CASEN 2013, el valor social del tiempo para viajes urbanos, en pesos de noviembre de 2013, resultó ser 1.109 \$/hr.

4.7 Valor del Tiempo Urbano con Datos de PR y Nivel de Servicio Agregado

En este trabajo (Batarce, 2017), se utilizó nuevamente información de preferencias reveladas correspondiente a la EOD-2012 de Santiago. Los modos de transporte considerados fueron: Auto, Transporte Público (Bus y Metro), Taxi Colectivo, Taxi y Auto como pasajero. Los atributos considerados fueron el Tiempo de viaje, Tiempo de espera y Tiempo de acceso. Se asumió que el costo y el tiempo de acceso no tenían errores de medición, pero que el tiempo de viaje y el tiempo de espera sí lo tenían, al ser medidos de manera zonal. Para tratar el ingreso se introdujo la variable Costo/Ingreso per cápita del hogar. Nuevamente, se incluyó una interacción entre el Costo/Ingreso-per-cápita y una variable dicotómica de trabajo, si el viaje era con motivo trabajo.

Tal como en el estudio de EBC Ingeniería (2012), se estimó modelos Logit Multinomial, Logit Mixto, y modelos con corrección del error de medición, siguiendo la misma metodología ya explicada anteriormente. Luego se hizo la estimación conjunta de la probabilidad del modelo con la distribución del valor real de la variable, mediante el uso de un método paramétrico y uno no paramétrico. Para ello se establecieron algunos supuestos:

- La probabilidad de elegir una alternativa sin error de medición es igual que con éste. Luego, el error de medición no proporciona información adicional sobre la distribución condicional de la variable que representa la elección.
- La distribución de una variable sin error de medición condicional a la variable con error de medición a nivel poblacional, es la misma que al nivel de la muestra que elige dicha alternativa.
- La distribución condicional de una variable sin error respecto a una con error es independiente entre alternativas.

Nuevamente, el valor del tiempo obtenido en los modelos Logit Multinomial sin corrección del error de medición son mucho más altos a los usados por el Sistema Nacional de Inversiones. Esto, a pesar de incluir en la valoración subjetiva del tiempo la desutilidad de viajar, parece poco realista con los niveles de ingreso de los hogares. El modelo Logit Mixto también presentó valores del tiempo altos, incluso con la corrección del error de medición, por lo que - según el autor - puede tratarse de una mala especificación del modelo, o problemas de convergencia.

El propósito de este trabajo era mostrar la aplicabilidad del método propuesto. No hace recomendaciones de uso de cierto valor, pero reconoce que corregir los errores de medición resulta en parámetros más consistentes con el rango de ingreso familiar.

Tabla 60: Batarce 2017 – Valores del tiempo de viaje

	Sin corrección		Corrección Paramétrica		Corrección no Paramétrica	
Variable	Estimación	Test t	Estimación	Test t	Estimación	Test t
Costo	-0.0418	-13.88	-0.0356	-7.55	-0.0351	-11.61
Costo * Trabajo	-0.0009	-0.03	0.0835	4.83	0.0431	2.74
Tiempo de viaje	-0.0277	-15.34	-0.0077	-9.60	-0.0040	-3.89
Tiempo de espera	-0.0799	-22.24	0.0000	0.00	-0.0139	-4.23
Tiempo de acceso	0.0131	3.53	0.0258	9.87	0.0276	7.72
No Observaciones	38855		38855		38988	
Logverosimilitud	-23823		-24374		-24507	
Valor del tiempo (\$/hr)	7918		3427		1856	

Fuente: Batarce (2017)

4.8 Algunos Avances Interesantes en Estudios Chilenos

Para finalizar esta sección del informe, pasaremos rápida revista a una serie de avances nacionales – algunos de los cuáles han sido incorporados en la práctica internacional – sobre el diseño de experimentos, recolección de datos y modelación – en general – pensando en un estudio nacional del valor del tiempo.

4.8.1 Efecto del modelo y su especificación en la estimación del valor del tiempo

En un trabajo seminal, parte de un proyecto financiado por el IDRC de Canadá (Gaudry et al., 1989), se estimó modelos de elección modal con datos medidos con un nivel de calidad y precisión inusual, y se derivó valores subjetivos del tiempo (VST) como la razón entre la utilidad marginal del tiempo y la utilidad marginal del costo; los resultados mostraban:

- (i) que los VST no sólo dependían fuertemente del tipo de modelo estimado (Logit multinomial vs. Logit Jerárquico), sino que eran bastante superiores al salario horario, cosa que contradecía la ideología dominante (que postulaba VST cercanos al 30% del salario);
- (ii) ante esto, los investigadores hicieron algo inusual: revisaron varios estudios internacionales que – mostrando los valores de las funciones de utilidad estimadas - no

reportaban el VST; al hacerlo, comprobaron que en todos los casos, esto se debía a que el VST estimado también era muy superior al salario;

(iii) se encontró que los menores VST provenían de un modelo Logit con función de utilidad Box-Cox y que esta especificación, afortunadamente, era la preferida de acuerdo a los criterios estándar de bondad de ajuste.

Con posterioridad a ese estudio se han llevado a cabo una serie de análisis que muestran que – en general – el modelo mejor especificado, da como resultado los VST más “creíbles” (ver por ejemplo, Hensher, 2001; Amador et al., 2005; Yañez et al., 2010). Otra línea de estudio asociada a este problema de especificación, particularmente en el caso de PR, es como tratar el problema de potencial colinearidad entre los atributos tiempo y costo de viaje al estimar el VST (De Grange et al., 2015).

4.8.2 Efecto de los datos en el VST

Existe amplia evidencia que la calidad de un modelo, y por ende de los valores subjetivos o disposición al pago que se pueda derivar del mismo, depende en forma importante de la calidad de los datos (Daly y Ortúzar, 1990). En los últimos años esto se ha visto reforzado por el debate sobre si los datos de preferencias reveladas (PR) tienden a dar como resultados estimaciones mayores del VST que los datos de preferencias declaradas (PD), como discutimos anteriormente. La verdad es que eso sólo sucede cuando los datos de PR no se miden en forma precisa, ya que obviamente si existe una instancia de compromiso real entre tiempo y costo de viaje, el VST derivable de ella debiera ser el adecuado para ese contexto.

4.8.3 Tratamiento de grupos en viajes interurbanos

En estudios de elección modal a nivel interurbano, el proceso de decisión se ve afectado por el tamaño del grupo que viaja (por ejemplo, una familia), pero también importa quién financia el viaje, o bien, el número de miembros del grupo que paga por su viaje. No discutiremos acá otro elemento importante, mencionado en el caso del estudio español (Román et al., 2014), asociado al hecho que en un viaje de negocios, si el que paga no es el viajero, que elementos del viaje si puede decidir.

Si el problema fuera de elección de ruta, el tema de tamaño del grupo y financista del viaje se reduce a dividir los costos de usar el auto (peaje, costos de operación) por el número de miembros del grupo que contribuyen a pagar el viaje. En el caso de elección modal, no obstante, hay dos formas de mirar el problema (Ortúzar, 2000):

- Si el grupo que viaja efectivamente toma sus decisiones como un grupo, es fácil ver que independiente del tamaño del grupo (N) y número de miembros que paga (n), las funciones de utilidad para la elección entre viajar en auto o transporte público (bus,

tren o avión) debiera incluir a los costos del auto como de costumbre. Sin embargo, la tarifa del transporte público debiera multiplicarse por el tamaño del grupo (para considerar el costo total para el grupo si elijen viajar de esa forma).

- Por otro lado, si se asume que la decisión de modo la toman los miembros del grupo que contribuyen a pagar el viaje, se podría postular que el costo (C_a) del auto debería entrar dividido por n en la función de utilidad, y la tarifa de transporte público (C_{pt}) multiplicada por la razón N/n . En el caso del tiempo de viaje (t), se debería utilizar la siguiente función (independiente del modo considerado:

$$\theta_t t + \alpha \theta_t t (N - n)/n$$

donde θ_t es el coeficiente de la variable tiempo y se esperaría que α fuera menor que uno. Esta función se basa en la hipótesis que los miembros que pagan valoran su tiempo en forma diferente que el resto del grupo. Notar, sin embargo, que la valoración de estos últimos no tiene porque ser siempre menor (i.e., basta imaginar si el grupo es una pareja en que la mujer está a punto de dar a luz).

Como parte de esta discusión metodológica, es interesante mencionar los casos especiales de la función de utilidad general en esta segunda forma de mirar el problema:

- Si $n=N$, las funciones de utilidad deberían tener componentes tales como:

$$\theta_c C_a / N \quad \theta_c C_{pt} \quad y \quad \theta_t t$$

- Si, en cambio $n=1$, los elementos de la función de utilidad deberían ser:

$$\theta_c C_a \quad \theta_c C_{pt} N \quad y \quad \theta_t t + \alpha \theta_t t (N - 1)$$

y aparecen dos subcasos interesantes, cuando $\alpha = 1$ (los tiempos de viaje son valorados de igual forma por todos los miembros, y $\alpha = 0$ (el tiempo de los que no contribuyen al pago no tiene valor).

4.8.4 Incorporación de otras variables que afectan la decisión

Los estudios, de PD típicamente, que postulan simples elecciones – casi de laboratorio – entre tiempo de viaje y costo, ignoran un efecto muy importante asociado a que otras variables pueden afectar la decisión y, por ende, si no se especifican el VTV puede resultar sesgado. Rizzi y Ortúzar (2003), y basado en este trabajo pionero, otros estudios – por ejemplo en Noruega (Flügel et al., 2019), muestran – como resultado adicional – que el VTV estimado desde modelos que incluyen, por ejemplo, una variable riesgo de accidentes (en modelos de elección de ruta), difieren de modelos en que sólo se especifican costo y tiempo; lo mismo ocurre, si se dejan fuera otras variables, a veces latentes, como seguridad, comodidad y confiabilidad.

En particular, una variable que afecta poderosamente la valoración del tiempo es la comodidad (como se discutió anteriormente, justificando valores superiores del tiempo en condiciones más incómodas). Una clara muestra de incomodidad es viajar hacinado, y estudios nacionales han hecho grandes avances en como medir el efecto de esta variable utilizando modelos sofisticados estimados con datos de experimentos de PD que emplean imágenes para definir el nivel de hacinamiento (ver Ilustración 3).

Los dos estudios más exitosos e influyentes, en este sentido, son los de Tirachini et al. (2013; 2014) y Batarce et al. (2016). En particular, en este último se hace una reflexión interesante sobre las implicancias del fenómeno de hacinamiento en evaluación social de proyectos.

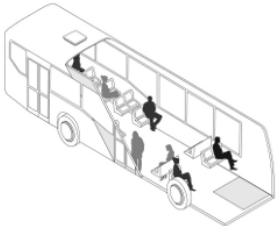
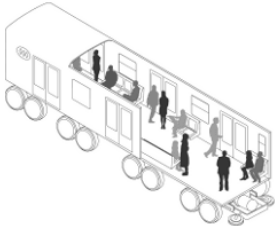
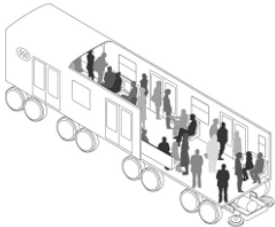
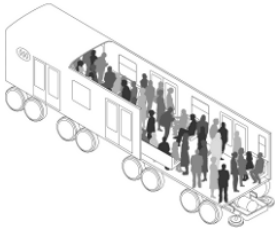
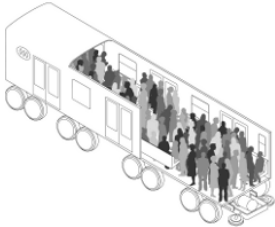
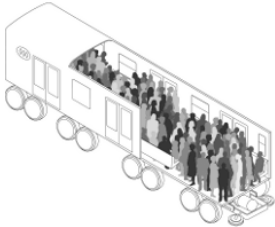
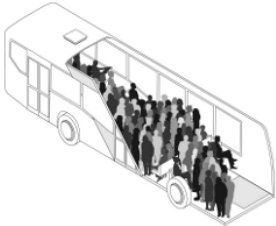
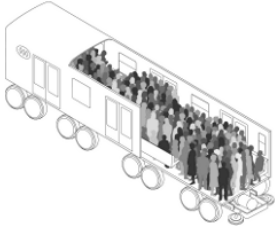
4.8.5 Intervalos de confianza para el valor subjetivo del tiempo

Al estimar modelos de elección discreta, típicamente utilizando el enfoque de máxima verosimilitud (ver Ortúzar y Willumsen, 2011, Cap. 8), se obtienen estimadores puntuales de los parámetros que – por definición – distribuyen asintóticamente Normal, con media igual al valor “verdadero” y varianza derivable del inverso (con signo negativo) de la matriz de segundas derivadas de la función de log-verosimilitud respecto al parámetro de interés.

Por lo tanto, al estimar VSTV en el dominio de la utilidad, tenemos una razón entre dos variables aleatorias que distribuyen Normal (y esta razón puede tener una distribución muy compleja, haciendo impracticable el cálculo). Este problema es normalmente ignorado y los estudios típicamente se limitan a reportar las razones de los estimadores puntuales, lo cual puede ser inadecuado. El problema se complejiza enormemente si se utilizan modelos con parámetros aleatorios, como una de las especificaciones del famoso modelo Logit Mixto.

Armstrong et al. (2001) proponen dos métodos para estimar un intervalo de confianza en el caso de modelos de elección con parámetros no aleatorios (como el Logit Multinomial, Logit Jerárquico e incluso el Logit Mixto con componentes de error, que es – por definición – el modelo más apropiado para tratar datos provenientes de una encuesta PD, por ser capaz de tratar adecuadamente la naturaleza de pseudo panel (esto es, observaciones repetidas), que caracteriza a este tipo de datos.

Ilustración 3: Densidad de pasajeros y figuras para ilustrar el nivel de hacinamiento

Nivel de hacinamiento	Bus	Tren
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Fuente: Batarce et al. (2016)

En forma muy resumida, la propuesta de Armstrong et al. (2001) se basa en una propiedad del usual test t asintótico, utilizado para evaluar si un parametro es significativamente distinto de cero. En efecto, ellos proponen la siguiente hipótesis nula (H_0):

$$H_0 : \theta_T - VT \times \theta_C = 0$$

donde VT representa la estimación puntual del $VSTV$. El intervalo de confianza viene dado por la serie de valores de VT para los cuales no se puede rechazar H_0 a un nivel de significatividad dado. El estadígrafo correspondiente es:

$$t = \frac{\theta_T - VT \times \theta_C}{\sqrt{\text{var}(\theta_T - VT \times \theta_C)}}$$

y esta expresión distribuye Normal para modelos lineales y de forma asintótica Normal para modelos no lineales como el Logit Multinomial, Logit Jerárquico y Logit Mixto con componentes de error. Armstrong et al. (2001) también derivaron los límites superior e inferior para el intervalo de la forma siguiente:

$$V_{U,L} = VT \left(\frac{t_c}{t_t} \right) \frac{(t_t t_c - \rho t^2)}{(t_c^2 - t^2)} \pm VT \left(\frac{t_c}{t_t} \right) \frac{\sqrt{(\rho t^2 - t_t t_c)^2 - (t_t^2 - t^2)(t_c^2 - t^2)}}{(t_c^2 - t^2)}$$

donde t_t y t_c corresponden a los estadísticos t para θ_t y θ_c respectivamente y ρ es el coeficiente de correlación entre los estimadores de esos parámetros. Esta ecuación da un número real solamente si el argumento bajo la raíz es no-negativo; se puede demostrar que esta condición se cumple cuando los parámetros θ_t y θ_c son estadísticamente significativos (de modo que t_c y t_t son mayores que t).

Esta condición asegura límites superiores e inferiores positivos. Se puede observar que el intervalo de confianza derivado de esta formulación no es simétrico respecto a la estimación puntual de $VSTV$ (VT), y también que el punto medio del intervalo es mayor que VT . Otro rasgo importante es que el valor de ρ tiene una fuerte influencia sobre el tamaño del intervalo. Además, cuanto más significativo es el valor del estadístico- t menor es el intervalo, como se esperaba.

En el caso de modelos con parámetros aleatorios es necesario recurrir a otras alternativas para encontrar intervalos de confianza. Una buena discusión del tema se presenta en Sillano y Ortúzar (2005) y más recientemente en Daly et al. (2012).

5 El Valor del Tiempo de Viaje: Aspectos Teóricos y Empíricos

En esta sección repasamos varios aspectos vinculados al estudio del valor del tiempo de viaje. Mostramos los desarrollos microeconómicos que permiten obtener el valor del tiempo por actividad en general y el valor del tiempo de viaje, en particular. Veremos también formulaciones que permitan entender: (i) cómo varía el valor del tiempo de viaje en función de la distancia de viaje y la magnitud de los ahorros del tiempo y (ii) cómo varía el valor del tiempo de viaje en función del ingreso de las personas. También hablaremos de los tipos de datos utilizados para estimar el valor del tiempo y los problemas asociados a cada tipo. Por último, cerramos esta sección refiriéndonos al valor social del tiempo de viaje.

Esta revisión no incluye el tratamiento de los modelos econométricos de elección discreta usualmente aplicados en la estimación del valor del tiempo de viaje. El lector interesado puede recurrir a Ortúzar (2012) y Ortúzar & Willumsen (2011, Caps 7, 8 y 9).

5.1 Elección y Asignación de Tiempo a Actividades

Considérese un consumidor que debe destinar el total de su ingreso a un conjunto de bienes y servicios $\underline{X}$ (i indexa cada componente de este vector) y asignar su tiempo total, T , a trabajar (T_w) o a actividades varias, T_j (j indexa estas actividades adicionales al trabajo)³. Para resolver este problema, el consumidor maximiza la utilidad de consumir y realizar actividades sujeto a su restricción presupuestaria y temporal:

$$\text{Max } U(X_i, T_j, T_w)$$

$$\text{Sujeto a } \sum_i p_i X_i = I + w T_w$$

$$\sum_j T_j + T_w = T$$

$$T_j \geq \sum_i a_{ji} X_i \quad \forall j$$

La función U representa la utilidad del individuo. El ingreso laboral de la persona es $T_w \cdot w$ y el ingreso no laboral, I . El precio de cada bien o servicio está dado por p_i . La primera restricción supone que el consumidor debe agotar su ingreso laboral y no laboral. La segunda restricción implica que el tiempo total debe distribuirse entre actividades mutuamente excluyentes⁴. La tercera restricción significa que existe un tiempo mínimo que debe ser dedicado a la actividad j para efectivamente realizarla. Este tiempo mínimo está

³ Este desarrollo teórico está basado en Jara Diaz (2007).

⁴ La manera en que está escrita la restricción no permite la realización de actividades de manera simultánea; por ejemplo, no se puede conducir un vehículo y realizar actividades laborales simultáneamente.

dado por una relación tecnológica entre los bienes y servicios que permiten efectuar la actividad (por ejemplo, en el caso de la lectura de un libro, se necesita el libro impreso o el libro en versión electrónica, una silla, un escritorio, buena iluminación, etc.). Si no se dispone de ese tiempo mínimo, la actividad lisa y llanamente no puede ser realizada.

En este problema de maximización, se optimiza con respecto a las variables X_i , T_j y T_w , dando lugar a la siguiente expresión matemática:

$$\text{Max } U(X_i, T_j, T_w) + \lambda (I + w T_w - \sum_i p_i X_i) + \mu (T - \sum_j T_j + T_w) + \sum_j \gamma_j (T_j - a_{ji} X_i)$$

Las condiciones de primer orden son las siguientes. En primer lugar, para cada bien X_i , corresponde la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial U}{\partial X_i} - \lambda p_i = 0; \quad \forall i$$

Esta es la típica condición de manual de microeconomía: cada bien se consume hasta que su utilidad marginal iguale a la pérdida de utilidad debida al desembolso monetario por la compra del bien. El valor de λ se interpreta como la utilidad marginal del ingreso. En relación al tiempo de trabajo, la condición de primer orden es la siguiente:

$$\frac{\partial U}{\partial T_w} + \lambda w - \mu = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial U}{\partial T_w} + \lambda w = \mu$$

La utilidad de trabajar una hora más sumada a la utilidad que brinda el ingreso por esa última hora de trabajo, debe ser igual la pérdida de utilidad que genera disponer de una hora menos para otras actividades. El valor de esta utilidad marginal está dado por μ , el multiplicador de Lagrange asociado a la restricción de tiempo. Suele también designarse a μ como utilidad del ocio y a μ / λ como valor monetario del ocio (Jara-Díaz, 2007).

En relación a las demás actividades, las condiciones de primer orden son las siguientes:

$$T_j: \frac{\partial U}{\partial T_j} - \mu + \gamma_j = 0 \Leftrightarrow T_j = a_{ji} X_i; \text{ si no; } \frac{\partial U}{\partial T_j} - \mu = 0 \Leftrightarrow T_j > a_{ji} X_i; \forall j$$

Si $T_j = a_{ji} X_i$, la actividad requiere ser realizada por el consumidor (demanda derivada) y se invierte en ella el menor tiempo técnicamente posible. Viajar (v) es una demanda derivada y así nos quedaría la siguiente ecuación en relación al tiempo de viaje:

$$\frac{\partial U}{\partial T_v} - \mu + \gamma_v = 0 \Leftrightarrow \frac{\partial U}{\partial T_v} < \mu \Leftrightarrow T_v = a_{vi} X_i$$

Por otro lado, cualquier actividad j cuya condición de primer orden arroje la siguiente expresión $\frac{\partial U}{\partial T_j} = \mu$, se suele denominar actividad de ocio, esto es, actividades que las personas eligen realizar por un tiempo de mayor duración al tiempo mínimo requerido para consumirlas.

En este modelo, el valor del tiempo de viaje se obtiene a partir de la respectiva condición de primer orden:

$$\frac{\partial U}{\partial T_v} = \mu - \gamma_v \Leftrightarrow \frac{\gamma_v}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial T_v}$$

La ecuación que corresponde a la segunda proposición en la doble implicación anterior, nos entrega el costo de un minuto adicional de viaje o valor del tiempo de viaje. Este valor es igual al costo del tiempo que no puede dedicarse a otras actividades más el costo de deber realizar una actividad que entrega una utilidad negativa (no viajamos porque queremos, sino que por que requerimos hacerlo).

Cuando hablamos de estimar el valor del tiempo de viaje, nos referimos entonces a la estimación del valor γ_v/λ . Si bien es posible estimar los dos componentes del valor del tiempo de viaje, ello no es posible si estimamos el valor del tiempo de viaje a partir de la sola observación de las decisiones de viaje de las personas. Para estimar ambos componentes, debe modelarse la toma de decisiones del consumidor en relación a la asignación de tiempo a actividades (Astroza y Jara Diaz, 2011). La asignación de tiempo a actividades queda fuera del alcance de las experiencias de valoración que reportaremos en esta revisión bibliográfica.

5.2 Estimación del Valor del Tiempo de Viaje⁵

Una forma de estimar el valor del tiempo de viaje, de gran difusión entre economistas y especialistas del área de transporte, es mediante modelos de elección discreta. En estos modelos, el consumidor enfrenta una elección entre un conjunto de alternativas de viaje, y cada una de ellas es caracterizada por un conjunto de atributos. Los atributos de estas alternativas suelen ser el costo monetario de la alternativa y el tiempo de viaje, que generalmente se desagrega en tiempo de viaje en el vehículo, tiempo de espera, tiempos de acceso y egreso, tiempo de transbordo, variabilidad en los tiempos de viajes, etc.

⁵ Esta sección y la sección 2.2 están basadas en Significance et al. (2013).

El caso más simple de elección discreta es entre dos alternativas (elección binaria), con solo dos atributos cada una: costo monetario total del viaje y tiempo total de viaje, y una función de utilidad lineal en los atributos y en los coeficientes. En este caso, la función de utilidad condicionada en la alternativa i se puede escribir como (MVA et al., 1987):

$$U_i = \alpha C_i + \beta T_i, \quad i = 1, 2$$

en que U_i es la utilidad de la alternativa $i = 1, 2$, C_i su costo y T_i el tiempo de viaje. En el ejemplo, i podría incluir las alternativas auto vs bus, ruta de auto 1 vs ruta de auto 2, servicio de bus 1 vs servicio de bus 2, o servicio de bus vs servicio de tren, etc.

En la ecuación anterior C_i y T_i son datos; α y β son coeficientes a estimar que entregan la sensibilidad de la utilidad (utilidad marginal) ante variaciones en los costos y tiempos de viaje respectivamente. Una vez estimados estos coeficientes, se puede obtener el valor del tiempo de viaje como el cociente entre los atributos β/α ⁶ (Gaudry et al., 1989). Si hubiésemos considerado el tiempo de espera y su coeficiente asociado fuera η , entonces el valor del tiempo de espera estaría dado por η/α .

Si en la ecuación anterior, dividimos a ambos lados por α , nos queda la siguiente ecuación:

$$CG_i = C_i + VT V T_i, \quad i = 1, 2$$

en que CG_i es el costo generalizado de viaje en la alternativa i y $VT V$ es el valor del tiempo de viaje. En este caso, se estima el valor del tiempo de viaje de manera directa sin necesidad de recurrir al cociente de dos coeficientes⁷.

Cuando se estima el valor de tiempo de viaje de manera directa, la modelación procede en el *espacio de la disposición al pago*. Por el contrario, cuando se estiman los coeficientes α y β , se modela en el *espacio de las utilidades*.

Si retomamos nuestra ecuación en el espacio de utilidades y restamos las utilidades entre alternativas, tenemos

$$\Delta U = \alpha \Delta C + \beta \Delta T$$

donde Δ representa la diferencia en los valores de la variable considerada entre las alternativas 1 y 2. Por ejemplo, $\Delta U = U_1 - U_2$. En este caso, el diferencial de utilidad es

⁶ El cociente β/α es igual al valor del tiempo de viaje dado por γ_v/λ , según vimos en la sección anterior.

⁷ Desde el punto de vista estadístico, esto hace una gran diferencia. En el caso de modelar en el espacio de las utilidades, la división de dos variables aleatorias genera varias complicaciones; una de ellas es que esta división genera una nueva variable aleatoria que posiblemente no tenga esperanza (ver la discusión en Armstrong et al., 2001). Estas complicaciones pueden evitarse si se modela en el espacio de disposiciones al pago.

proporcional al cambio en el costo de viaje (tiempo de viaje) manteniendo constante el tiempo de viaje (costo de viaje). Así, en esta formulación el valor del tiempo es independiente del largo del viaje y de la magnitud de los ahorros de tiempo de viaje.

5.2.1 Valor de tiempo en función de duración del viaje y magnitud del ahorro de tiempo

Dos argumentos esgrimidos en la literatura son la dependencia del valor del tiempo de viaje de su duración y de la magnitud del ahorro del tiempo de viaje. La evidencia empírica señala, como veremos más adelante, que los ahorros de tiempo de viaje son valorados más que proporcionalmente a medida que el tiempo de viaje crece y que los ahorros son más valorados a medida que la duración del viaje aumenta. Ahorrar 10 min de tiempo genera un beneficio mayor en un viaje de 40 min que en uno de 20 min; ahorrar 10 min de tiempo de viaje, en un solo viaje, genera un beneficio mayor que ahorrar 5 min en dos viajes.

En primer lugar, analicemos el valor del tiempo de viaje en función de la duración del viaje. Para ello, postulemos que el tiempo de viaje entra en la función de utilidad como βT^λ , donde λ^8 es un nuevo coeficiente a estimar. La diferencia en el componente de la utilidad correspondiente al tiempo de viaje entre dos alternativas diferentes (alternativas 1 y 2), en una aproximación de Taylor de primer orden (en el atributo tiempo de viaje de la alternativa 1), es: $\beta T_2^\lambda - \beta T_1^\lambda = \lambda \beta T_1^{\lambda-1} (T_2 - T_1)$.

Si $\lambda = 1$, entonces $\beta T_2^\lambda - \beta T_1^\lambda = \beta (T_2 - T_1) = \beta \Delta T$, y la diferencia de utilidad es proporcional a la diferencia de tiempo e independiente de la magnitud de T_1 . Pero si $\lambda \neq 1$ (y mayor que cero), resulta $\beta T_2^\lambda - \beta T_1^\lambda = \lambda \beta T_1^{\lambda-1} \Delta T / T_1$. De esta manera, el diferencial de utilidad pasa a depender del tiempo de viaje de la alternativa 1. Si λ es mayor (menor) a 1, el ahorro en los tiempos de viaje será más (menos) valorado cuanto mayor sea el tiempo de viaje de la alternativa 1.

En el caso planteado en el párrafo anterior, el valor del tiempo de viaje está dado por la ecuación $V_{TV} = \frac{\lambda \beta T_i^{\lambda-1}}{\alpha}$, siendo evidente la relación entre VTV y el tiempo de viaje de la alternativa elegida i . Si la modelación hubiese tratado de manera análoga al costo de viaje, el valor del tiempo de viaje sería $V_{TV} = \frac{\lambda_T \beta T_i^{\lambda_T-1}}{\lambda_C \alpha C_i^{\lambda_C-1}}$. En este caso, el VTV depende del tiempo y del costo de viaje de la alternativa elegida.

Para medir la sensibilidad de la utilidad con respecto a las diferencias de tiempo de viaje entre alternativas, se debe dar un paso más. Para ello, introduciremos dos parámetros adicionales. Consideremos un tiempo de viaje base (T_0) y un tiempo de viaje de referencia

⁸ No confundir este λ con la utilidad marginal del ingreso vista en una sección anterior.

(T_{ref}). El primer parámetro debe interpretarse como un número fijo que sirve como referencia en relación a los tiempos de viaje de las distintas alternativas a disposición del individuo⁹. El tiempo de viaje de referencia, por otro lado, representa algún estadístico de la función de distribución de los tiempos de viajes poblacionales o muestrales. Así, podría ser el tiempo de viaje promedio o el tiempo de viaje correspondiente al percentil 50. De esta forma, postulamos que el tiempo de viaje entra en la función de utilidad como:

$$U_i = \dots + \beta (T_i - T_0)^\lambda \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^\gamma$$

Con esta formulación, el VTV estaría dado por la siguiente ecuación:

$$VTV = \lambda \frac{\beta}{\alpha} (T_i - T_0)^{\lambda-1} \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^\gamma$$

Así, el VTV depende de manera no lineal de la magnitud de los ahorros de tiempo de viaje en relación al tiempo de viaje base y de la relación entre el tiempo de viaje base y el tiempo de viaje de referencia¹⁰. Si λ es mayor que 1 y γ es mayor que cero, entonces el VTV aumenta con la magnitud del ahorro y con la longitud del tiempo de viaje base.

5.2.2 Aversión a las pérdidas – *efecto signo*

Si en los ejemplos anteriores permitiéramos que las ganancias de tiempo de viaje se valorasen en forma diferente a las pérdidas, en relación al tiempo de viaje base (definido como T_0), podríamos considerar, además, *el efecto signo*. Este efecto posee una lógica microeconómica: la disposición a pagar está acotada por el ingreso personal, pero la disposición a aceptar compensación, no. Para variaciones típicas observable de los tiempos de viaje, la diferencia en valor absoluto entre la disposición a pagar por ahorros de tiempo y la disposición a aceptar compensación por desahorros de tiempo, debería ser acotada. Estudios empíricos basados en datos de PD (o de laboratorio), muestran que esta diferencia no es tan acotada como la teoría microeconómica sugiere (según esta teoría, las preferencias individuales no dependen de una situación de referencia, dada por los activos y posesiones del consumidor). Como modelo alternativo, se invoca la teoría de aversión a las pérdidas de Tversky y Kahneman (1979), que sostiene que las personas valoran más las pérdidas que las ganancias, en valor absoluto, en relación a una situación de referencia.

⁹ En el caso de una encuesta de preferencias declaradas, en que el individuo reporta el tiempo de un viaje específico, este valor sería el tiempo de viaje base. En el caso de preferencia reveladas, el tiempo de viaje base podría ser un promedio (simple o ponderado) de los tiempos de viaje de las distintas alternativas disponibles.

¹⁰ Notar que el tiempo de viaje de referencia podría perfectamente haber sido igual a 1.

En materia del valor del tiempo de viaje, el punto de referencia estaría dado por las características de aquellos viajes que suelen realizarse con cierta frecuencia y que se utilizan para pivotar las alternativas de PD. Así, existiría una ganancia (pérdida) de utilidad si se reduce (aumenta) el tiempo de viaje, si aumenta (se reduce) la calidad del viaje (por ej., mayor comodidad) o si se reduce (aumenta) el costo de viaje. Este fenómeno, de aversión a las pérdidas, es muy observado en encuestas de PD, pero no en encuestas de PR.

De Borger y Fosgerau (2008) desarrollan un modelo que permite estimar los efectos signo y magnitud de los ahorros del tiempo de viaje en forma conjunta, a partir de la presencia de un punto de referencia. Este modelo supone la existencia de un valor del tiempo de viaje libre del efecto referencia y ha sido aplicado en muchos de los estudios nacionales descritos posteriormente en este documento, con relativo éxito. Estos autores postulan que, de no incluirse el efecto de aversión a las pérdidas, la estimación del valor del tiempo estaría sesgada si se usan datos de PD. El problema con estos modelos, en fase predictiva, es como predecir la formación de puntos de referencia a futuro. Al día de hoy no existe solución práctica para este problema.

Estudios empíricos (Sugden, 2005), muestran que las personas pueden adaptarse a nuevos puntos de referencia con extrema rapidez, en minutos incluso. Estos estudios también muestran que a medida que las personas se familiarizan con la elección realizada, la diferencia entre disposición a pagar y disposición a aceptar una compensación disminuye. Por lo tanto, el efecto signo sería principalmente un problema generado o introducido por la misma encuesta de PD. Por ello De Borger y Fosgerau (2008) postulan que se debe controlar por efecto signo al estimar el valor del tiempo de viaje con datos de PD.

La metodología de De Borger y Fosgerau se basa en la siguiente ecuación matemática para la sensibilidad de la utilidad con respecto al tiempo de viaje:

$$U_i = \dots + v(\beta(T_i - T_0)) \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^\gamma$$

donde $v(\beta(T_i - T_0)) = S(T_i - T_0) \beta \exp(-\eta S(T_i - T_0)) |T_i - T_0|^{1-\tau-\varpi S(T_i - T_0)}$. En esta función, el primer multiplicando es la función signo: $S(T_i - T_0) = (T_i - T_0) / |T_i - T_0|$. Si $\eta = \varpi = \tau = 0$, entonces queda $v(\beta(T_i - T_0)) = \beta(T_i - T_0)$ y con ello desaparece el efecto signo.

En la ecuación anterior, η mide qué tan diferente es la sensibilidad en el valor del tiempo de viaje entre pérdidas y ganancias de tiempo de viaje (efecto signo). τ permite la no-linealidad en la sensibilidad de la utilidad con respecto a los ahorros de tiempo de viaje y ϖ mide la interacción entre el efecto signo y la magnitud de los ahorros de tiempo de viaje.

5.2.3 Interacción de los coeficientes con variables continuas

Al haber postulado la función de utilidad $U_i = \dots + \beta(T_i - T_0)^\lambda \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^\gamma$, el último multiplicando permite interactuar al valor del tiempo de viaje con el tiempo de viaje base en relación a un tiempo de viaje de referencia. Esto también puede hacerse con respecto al ingreso de la persona, la distancia de viaje o cualquier otra variable que varíe de manera continua (por ejemplo, la edad de la persona encuestada).

Los coeficientes γ se interpretan como la elasticidad de la sensibilidad de la utilidad del tiempo de viaje respecto a la variable de interacción. Pueden estimarse tantas interacciones como se deseen; por ejemplo, en relación al tiempo de viaje y al ingreso, y a la edad del consumidor. Si el valor de λ es negativo, entonces la sensibilidad decrece ante un incremento de la variable de interacción; si λ es positivo, se obtiene el resultado contrario. Si λ toma el valor cero, entonces la valoración del atributo es independiente del valor de la variable de interacción.

A modo de ejemplo, consideremos el VTV en función del tiempo de viaje y del ingreso de la persona, donde la sensibilidad de la utilidad respecto al tiempo y al costo de viaje dependen del tiempo de viaje y del ingreso. La función de utilidad quedaría, entonces, así:

$$U_i = \alpha C_i \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^{\gamma_{Cxt}} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^{\gamma_{Cxl}} + \beta (T_i - T_0)^\lambda \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^{\gamma_{Txl}} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^{\gamma_{TxI}}$$

Los subíndices CxT , CxI , TxT y TxI indexan al coeficiente γ que mide la sensibilidad de la utilidad con respecto al costo y al tiempo de viaje, en función del tiempo de viaje base y del ingreso del usuario en relación, respectivamente, al tiempo de viaje base y al ingreso poblacional medio o correspondiente al percentil 50 (I_{ref}). Así, el valor del tiempo de viaje estaría dado por la siguiente ecuación:

$$VTV = \frac{\lambda \beta (T_i - T_0)^{\lambda-1} \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^{\gamma_{Txl}} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^{\gamma_{TxI}}}{\alpha \left(\frac{T_0}{T_{ref}} \right)^{\gamma_{Cxt}} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)^{\gamma_{Cxl}}}$$

Si todos los valores de γ son iguales a cero y λ es distinto de 1, el VTV no varía con la distancia de viaje o el ingreso del viajero de manera directa. Sin embargo, el tiempo de viaje de referencia sí afecta el valor del tiempo, en cuanto a que la magnitud del ahorro del tiempo de viaje estará relacionada con este valor.

5.2.4 Valor del tiempo de viaje según modo de viaje elegido y propósito

Una práctica habitual es estimar valores del tiempo de viaje en función del modo de viaje elegido. El argumento esgrimido para justificar este proceder es *el efecto de autoselección*, esto es, las personas eligen el modo de viaje en función de su valor del tiempo. De esta forma, las personas con mayor valor del tiempo eligen el modo más rápido (automóvil) y las personas con menor valor del tiempo eligen los modos más lentos (transporte público). Este efecto de autoselección pone de manifiesto diferencias interpersonales.

Una manera simple de visualizar este efecto de autoselección es la siguiente. Consideremos esta ecuación:

$$P(VTV|i) = \frac{P(i|VTV)P(VTV)}{P(i)},$$

donde $P(\)$ es probabilidad y $P(\ | \)$ es probabilidad condicionada.

La ecuación anterior se interpreta así: las personas que tienen una mayor probabilidad de tener un alto valor del tiempo de viaje elegirán con mayor probabilidad los modos más rápidos. Por lo tanto, al estimar la distribución del valor del tiempo en función del (o condicionada en el) modo elegido, estas distribuciones estarán desplazadas hacia la derecha, lo que implica que los valores del tiempo promedio (y los percentiles) a estimar por modo, serán más altos para los modos más rápidos.

El segundo efecto descrito en la literatura son las potenciales diferencias en el valor del tiempo de viaje a nivel intrapersonal. Al respecto, se esgrime que el modo auto entrega un mayor nivel de comodidad que el modo transporte público; por lo tanto, una misma persona estaría dispuesta a pagar más por ahorrar idéntica cantidad de tiempo en un viaje en transporte público que en un viaje en automóvil. Para poder identificar, de manera separada, el efecto interpersonal y el efecto intrapersonal, es necesario que todas las personas encuestadas enfrenten una elección entre alternativas de auto y otra elección entre alternativas de transporte público (Fosgerau et al., 2010).

La estimación del VTV también depende del propósito o motivo de viaje. Los motivos de viajes considerados habitualmente son: trabajo o negocios, y otros. Los viajes habituales corresponden a los viajes por motivo *commute* en idioma inglés. Estos incluyen viajes a/desde el trabajo, viajes al estudio y otros viajes que puedan reportarse como frecuentes o habituales (por ejemplo, llevar niños al colegio). ‘Otros motivos de viaje’ suele incluir viajes de compras, viajes por visitas, viajes por ocio o recreación, etc. Los viajes de negocio o de trabajo deben realizarse como parte de las actividades laborales que suponen visitar clientes, proveedores, e interactuar con empleados de otras sucursales. Sobre estos últimos, volveremos a hablar más abajo.

En la descripción de estudios nacionales sobre el VTV, veremos que una práctica común es reportar valores del tiempo de viaje por combinaciones modo/propósito. Es decir, si consideramos tres modos principales de viaje y tres motivos de viaje, se estiman nueve valores del tiempo de viaje.

5.3 Modelación de la Variabilidad en los Tiempos de Viaje

La variabilidad en el tiempo de viaje, para el modo auto, suele ser modelada considerando el promedio y la desviación estándar del tiempo de viaje (σ). De esta manera, la utilidad de la alternativa i se lee así:

$$U_i = \alpha C_i + \beta_T T_i + \beta_\sigma \sigma_i, \quad i = 1, 2$$

El cociente β_σ / α es la disposición al pago por reducir la desviación estándar del tiempo de viaje en un minuto. El cociente β_σ / β_T entrega la relación entre el valor de la confiabilidad y el valor del tiempo de viaje.

Otra manera de modelar la variabilidad en el tiempo de viaje, en especial para modos de transporte público programados, es considerar la distribución del tiempo de viaje y, a partir de ella, determinar el promedio de minutos en que se llegaría temprano (cuando se llega temprano) y el promedio de minutos en que se llegaría tarde (cuando se llega tarde). Por ejemplo, si la hora deseada de llegada es a las 9.00 y la distribución de los tiempos de viaje es tal que el 40% de las veces se llega temprano (en promedio 15 min antes, esto es, $T_{\text{temprano}} = 15$ min); el 40% de las veces se llega a la hora y el 20% de las veces restantes se llega tarde (en promedio, con una demora de $T_{\text{tarde}} = 10$ min), la función de utilidad se leería así:

$$U_i = \alpha C_i + \beta_T T_i + \beta_{\text{temprano}} T_{\text{temprano}} + \beta_{\text{tarde}} T_{\text{tarde}}, \quad i = 1, 2$$

El cociente $\beta_{\text{temprano}}/\alpha$ entrega el valor de disminuir en un minuto el promedio de tiempo de arribo temprano y $\beta_{\text{tarde}}/\alpha$, el valor de disminuir en un minuto el promedio de tiempo de arribo tardío. En general, suele postularse la siguiente relación entre estas tres variables: $\beta_{\text{temprano}} < \beta_T < \beta_{\text{tarde}}$ (Small, 1992).

5.4 Valor del Tiempo de Viaje en Vehículo según Estado del Tráfico

Suele postularse que la desutilidad del tiempo de viaje depende del estado del tráfico en que ocurre el viaje. En otras palabras, si un viaje, o una parte del mismo, es realizado en situación de alta congestión (alta densidad vehicular), la desutilidad del tiempo de viaje en vehículo aumenta en relación a un viaje realizado en condiciones de flujo libre. Esta mayor desutilidad se debe a la mayor exigencia en términos de concentración que la alta congestión requiere y a la frustración que suele provocar el conducir en tales circunstancias.

Wardman e Ibañez (2012) presentan multiplicadores del valor del tiempo de viaje según el estado del tráfico a partir de una revisión bibliográfica de varios estudios¹¹. Estos multiplicadores aumentan según el grado de congestión. Cuando la congestión es muy alta (gran parte del tiempo el vehículo está detenido), el valor del tiempo de viaje puede hasta duplicar el valor del tiempo de viaje a flujo libre. En el contexto del Reino Unido, proponen los siguientes multiplicadores del valor del tiempo en relación al valor del tiempo de viaje a flujo libre: 1,2 para congestión moderada; 1,3 para congestión entre moderada y alta; 1,5 para tráfico altamente congestionado y 1,8 para condiciones de tráfico de máxima congestión con permanente ocurrencia de avance / detención. Concluyen mencionando que el fenómeno se observa tanto con datos de PR como de PD. Esto es alentador, ya que no se trata de un fenómeno inducido por la naturaleza hipotética de encuestas de PD y se observa también con datos provenientes de comportamiento real de las personas.

En un estudio que ha tenido alta repercusión en la literatura, Caussade et al. (2005) obtuvieron multiplicadores para el tiempo de viaje, según el estado del tráfico (Tabla 61). Los valores muestran que el VTV asociado a alta densidad vehicular, puede hasta triplicar el VTV a flujo libre. Como vimos anteriormente, en varios Estudios Nacionales, se estima valores del tiempo de viaje en vehículo según el estado del tráfico.

5.5 Valor del Tiempo y Hacinamiento

Viajar hacinados puede hacer que los pasajeros estén dispuestos a pagar más para reducir sus tiempos de viaje si, por ejemplo, lo hacen en un bus con una ocupación promedio superior a los 4 pasajeros/m² en lugar de un bus con pocos pasajeros (o si van sentados). De esta manera, se ha argumentado la existencia de una relación entre valor del tiempo y densidad, que ha sido demostrada empíricamente utilizando datos de PD (Maunsell y McDonald, 2007; Whelan y Crockett, 2009; Hensher et al., 2011; Wardman y Whelan, 2011; Li y Hensher, 2011).

Además, se considera que el impacto de la densidad de pasajeros en la desutilidad de viajar debiera ser no-lineal, ya que – como en el caso de la congestión vehicular – un pasajero extra por bus (o tren) no impone el mismo costo en los demás si el nivel de ocupación (en relación a la capacidad del vehículo) es 20% o 90%.

¹¹ Lamentablemente, estos autores ignoran los estudios desarrollados en Chile al respecto.

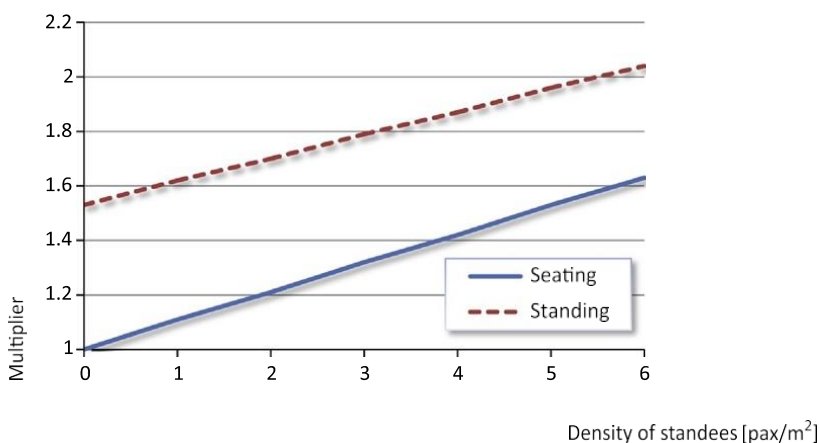
Tabla 61: Multiplicadores del valor del tiempo según el estado del tráfico

Estado del Tráfico	Descripción del estado del tráfico	Multiplicador
Flujo libre	Se puede circular a la máxima velocidad legal la mayor parte del tiempo, excepto por detenciones obligadas debidas a la señalética (discos pare, ceda el paso o semáforo).	1,00
Congestión moderada	Se puede circular a la máxima velocidad legal, aunque frecuentemente el tráfico se detiene o se ralentiza	1,15
Congestión	Comprende circular una parte del tiempo en congestión moderada y otra parte en condiciones de avance / detención.	1,80
Avance/detención	La alta densidad vehicular genera que los vehículos se detengan frecuentemente. Las velocidades de circulación son muy inferiores en relación al máximo legal.	2,90

Fuente: Elaboración propia en base a Caussade et al. (2005)

Un resultado usual en modelos de elección discreta que consideran el hacinamiento, es la estimación de un “multiplicador de hacinamiento”, esto es, un factor que amplifica el valor del tiempo en el vehículo a medida que aumenta la densidad de pasajeros. La estimación de estos multiplicadores, para condiciones severas de hacinamiento en el viaje, ha recibido considerable atención en la industria de ferrocarriles británica (Wardman y Whelan, 2011); un ejemplo, es el valor estimado por Whelan y Crocket (2009) como función del factor de carga (e.g., número total de pasajeros en el vehículo dividido por número de asientos) o del número de pasajeros de pie por m^2 ; la Ilustración 4 muestra resultados interesantes en este último caso.

Ilustración 4: Multiplicadores de hacinamiento para pasajeros sentados y de pie



Fuente: Tirachini et al. (2013)

En general, el efecto del hacinamiento suele activarse para factores de carga superiores a 60%, aunque puede comenzar antes en viajes de placer; esto último se debería a la pérdida de espacio personal y la molestia – en un grupo – debido a que no todos sus miembros se pueden sentar juntos (aún cuando existan asientos libres en otras partes del vehículo). Así, la molestia por el hacinamiento suele ser mayor en viajes de placer que en viajes al trabajo.

Finalmente, en sistemas de transporte público muy utilizados, los pasajeros también pueden experimentar hacinamiento en estaciones, áreas de espera y pasillos de transferencia, afectando las experiencias de acceso y espera. Por ejemplo, Douglas y Karpouzis (2005) encontraron una relación entre el valor del tiempo de espera y diferentes niveles de hacinamiento en estaciones de tren en Sydney.

Para estimar estos efectos, es necesario recurrir a experimentos de PD en que, junto a las variables de servicio usuales – como tiempo de viaje, tiempos de acceso y egreso, intervalo entre vehículos y costo – se incluya una medida de hacinamiento; esto último se logra mediante el uso de figuras especialmente diseñadas. La Tabla 62 muestra un ejemplo de situación de elección para individuos que deben elegir entre bus y tren.

Con este diseño, Batarce et al. (2016) especificaron modelos que permitían incorporar variaciones sistemáticas de gustos (Ortúzar y Willumsen, 2011, pag. 279) de la siguiente forma:

$$V_{im} = \alpha_m + \beta c_m + [\gamma_0(z_i) + \gamma_1(z_i)d_m]t_m + \delta w_m + \varepsilon r_m$$

donde c_m es el costo del modo m , t_m es tiempo de viaje, d_m es la densidad de pasajeros parados, w_m es tiempo de espera, y r_m el coeficiente de la variación en el tiempo de viaje, con $\gamma_0(z_i) = v_0 + \sum_j v_j z_{ij}$ y $\gamma_1(z_i) = \mu_0 + \sum_j \mu_j z_{ij}$, donde z_{ji} es el j -ésimo atributo del individuo i (sexo, edad, ingreso) y $\alpha_m, \beta, \delta, \varepsilon, v_0, \mu_0$ y μ_j son parámetros a estimar.

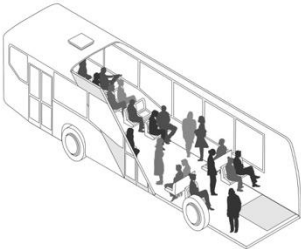
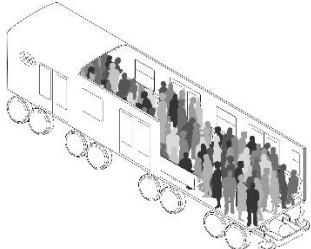
Con esta especificación, el valor del tiempo – como función de la densidad (d) y las características individuales z_j – queda dado por:

$$VTV(d, z) = \frac{\gamma_0(z) + \gamma_1(z) \cdot d}{\beta}$$

Por otro lado, Tirachini et al. (2013) estimaron modelos – que también deben tener la precaución de considerar el efecto pseudo-panel de observaciones repetidas en PD (esto es, no es aceptable utilizar modelos como el MNL, como en uno de sus ejemplos), que incluían funciones de utilidad que permitían comparar la diferencia entre incorporar o no el efecto de hacinamiento y, en este último caso, tratarlo de manera diferente: (i) sólo

afecta la densidad en términos de pasajeros de pie por m²; (ii) afectan la densidad y el porcentaje de asientos ocupados (mayor que 25%); (iii) la desutilidad comienza cuando el factor de carga es 60% o superior; (iv) la desutilidad comienza sólo a partir de un factor de carga de 90%.

Tabla 62: Ejemplo de escenario de elección de PD

Atributos	Alternativa A	Alternativa B
Modo	Bus	Metro
Costo	\$ 590	\$ 650
Tiempo de viaje en el vehículo	25 min	15 min
Tiempo de espera promedio	10 min	5 min
Rango de variación espera El bus o Metro puede pasar en cualquier momento de este intervalo	Entre 0 y 29 min	Tiempo de espera fijo
Ocupación La figura representa cuan hacinado estará el bus o tren cuando arrive al paradero o estación		

Qué alternativa elegiría para hacer el viaje?

☐ Alternativa A
 ☐ Alternativa B
 ☐ No viajaría

Fuente: Batarce et al. (2016)

5.6 Datos para la Estimación del Valor del Tiempo de Viaje

Para estimar modelos de elección discreta, se utilizan tanto datos de preferencias reveladas (PR) como de preferencias declaradas (PD). Los datos de PR reportan el comportamiento de las personas en situaciones de elección real, esto es, tienen la virtud de reflejar el comportamiento real de los consumidores. Los datos de PD, en cambio, reportan el comportamiento de las personas en situaciones de elección virtual o hipotética. Por lo tanto, siempre existirá un margen de duda en cuanto a si el consumidor se comportará en la vida real tal como se comportó en la situación hipotética de elección.

En una gran variedad de estudios de mercado no puede recurrirse a datos de PR, quedando solo la alternativa de hacer uso de datos de PD. Un claro ejemplo de ello es cuando se quiere modelar la penetración de mercado de un nuevo producto (por ejemplo, un nuevo servicio

de transporte público de características diferentes a los actualmente disponibles). Otro caso en que resulta conveniente recurrir a datos de PD, es cuando medir los niveles de servicio de las distintas las alternativas de viaje es impracticable; o cuando las situaciones de elección que enfrentan los consumidores tienen alternativas de viaje no competitivas. Por ejemplo, una persona que, en su barrio, no tiene disponible una oferta conveniente de servicios de transporte público, no considerará dentro de sus alternativas disponible al transporte público, más allá de que el servicio exista. En este caso, una vez más conviene recurrir a datos de PD. Volveremos sobre este punto más adelante.

5.7 Valor del Tiempo de Viaje por Propósito Negocios

En relación al valor del tiempo de viaje cuando el propósito del mismo es negocios o trabajo, para personas en relación de dependencia, existen dos posturas. La primera simplemente postula que este valor es igual al costo salarial para el empleador. Este costo incluye la remuneración percibida por el empleado más aquellos impuestos y leyes sociales que recaen sobre el empleador. Esta postura considera que los ahorros de tiempo de viaje se traspasan en su totalidad a tiempo de trabajo y, por lo tanto, la ganancia de productividad está asociada al salario laboral, bajo el supuesto que los salarios representan adecuadamente la productividad marginal del trabajo.

En este cómputo, se ignora que el tiempo de viaje por motivo trabajo no necesariamente ocurre en el tiempo de trabajo. En muchas ocasiones, el viaje por motivo trabajo es realizado en horas que no corresponden a horas laborales, restándole al trabajador tiempo de ocio o tiempo para realizar otras labores necesarias no remuneradas (como labores domésticas). Por lo tanto, reducciones de este tiempo de viaje pueden generar valiosas ganancias de bienestar desde el punto de vista del empleado.

El enfoque del costo salarial del empleador tampoco considera que un empleado podría trabajar durante una porción del viaje, si este fuese realizado en un modo de transporte público (tren, avión) o si el trabajador dispusiera de un chofer. Si este fuera el caso, la ganancia de productividad tendría dos componentes. El primer componente arroja una ganancia del 100 % de la productividad asociado a la proporción del tiempo de viaje en que no se trabaja y el segundo componente arroja una ganancia dada por el diferencial de productividad laboral entre el trabajo en la 'oficina' y el trabajo en viaje durante el período de tiempo de viaje en que se puede trabajar.

La postura de considerar los dos efectos señalados en los párrafos anteriores está recogida en el llamado *enfoque Hensher* (Hensher, 2001). La crítica que ha recibido este enfoque es no ser derivado a partir de un modelo de maximización conjunta de la utilidad del trabajador y de la empresa, sino que determinado de manera mecánica. Es decir, la

ecuación que caracteriza el *enfoque Hensher* no es deducida a partir de un planteamiento micro-económico sino que es determinada *a priori*. Un ejemplo de aplicación de este enfoque puede verse en la sección 2.5.

Wardman et al. (2015) muestran una serie de resultados que surgen de un planteamiento microeconómico; estos resultados dependen de ciertos supuestos y no pueden ser considerados de naturaleza universal. En particular, estos desarrollos microeconómicos no entregan como resultado la ecuación atribuida al *enfoque Hensher*.

Por último, los viajes de negocios pueden ser valorados, exclusivamente, según el enfoque de la disposición al pago, pudiendo ello basarse en la disposición al pago del empleador y/o del empleado.

5.8 Valor del Tiempo de Viaje y Características de los Usuarios

Ya hemos hecho mención a cómo se puede estimar el impacto del ingreso u otras variables continuas de naturaleza socio-demográfica, sobre el valor del tiempo de viaje. La información socio-demográfica permite modelar *variaciones sistemáticas de gusto* entre individuos (Ortúzar y Willumsen, 2011, p. 279) y ello entrega una fuente de heterogeneidad muy interesante en el valor del tiempo de viaje. Esta información también se ve enriquecida con el aditamento de preguntas sobre percepciones y actitudes (Bahamonde-Birke et al., 2017). Estas últimas se utilizan para construir variables latentes que permiten estimar los valores del tiempo de viaje con un alto nivel de desagregación a nivel individual.

La otra fuente de variación que suele considerarse es de naturaleza idiosincrática o heterogeneidad no observada, que puede ser modelada a través de la consideración de parámetros aleatorios. Aunque en algunos casos se logra explicar mejor la varianza de los resultados observados con este proceder, la normalmente difícil interpretación de los mismos (entre otras cosas por problemas de *confundimiento*), así como las dificultades asociadas a estimar la disposición al pago en la presencia de coeficientes aleatorios (Sillano y Ortúzar, 2005), hace muchas veces preferible la especificación de variaciones sistemáticas de gustos.

Por último, el valor del tiempo de viaje de las personas depende de la ocasión del viaje (Borjesson y Eliasson, 2014). Una misma persona puede valorar su tiempo de viaje de manera diferente en función de lo ajustada que esté su agenda. No es lo mismo el viaje al trabajo que el viaje por motivo ocio un día del fin de semana; el valor del tiempo de viaje puede variar en relación a ambos tipos de viaje, aunque la persona sea la misma.

Más allá de la relevancia de las variaciones interpersonales de naturaleza idiosincrática, a la hora de recabar información para estimar valores del tiempo de viaje, es clave el

levantamiento de información socio-demográfica y sobre percepciones y actitudes. Estas últimas cobran relevancia, en especial, para reflejar las nuevas tendencias en transporte en el contexto de los problemas de sustentabilidad y cambio climático, y la irrupción de nuevas tecnologías de transporte.

5.9 Valor Social del Tiempo de Viaje

Obtenidos los valores del tiempo de viaje de las personas¹² es necesario determinar el valor social del tiempo a ser utilizado en evaluación social de proyectos de inversión pública en transporte. Bajo un *enfoque de eficiencia* (conocido en la literatura como *enfoque Harberger*), el valor social del tiempo corresponde al promedio de los valores del tiempo de viaje de las personas afectadas por el proyecto. A este enfoque se le cuestiona que tiende a favorecer proyectos destinados a satisfacer las necesidades de transporte de las personas de mayor ingreso, que poseen los mayores valores del tiempo de viaje y eligen los modos más rápidos¹³. Por ejemplo, un proyecto de autopista puede beneficiar a residentes de comunas de alto ingreso y un proyecto de transporte público, a residentes en comunas de bajo ingreso, produciendo ambos proyectos casos idénticos ahorros de tiempo de viaje. Con el *enfoque Harberger*, el primer proyecto generaría mayores beneficios sociales puesto que los valores del tiempo de viaje de las personas que harán uso de él son mayores que los respectivos valores de las personas que harán uso del proyecto de transporte público.

Una alternativa al método anterior es considerar un único valor del tiempo a ser aplicado de manera uniforme en la evaluación social de proyectos de transporte, independientemente de quienes sean los usuarios beneficiados en cada proyecto en particular. Este valor puede ser calculado como el promedio de los valores del tiempo de viaje de todas las personas que realizan viajes, ponderados por algún criterio (largo o tiempo de viajes, o por viajes). Siguiendo con el ejemplo del párrafo anterior, con este nuevo criterio alternativo se igualan los beneficios por reducción de idéntica cantidad de tiempo de viaje de ambos proyectos (proyecto de autopista y proyecto de transporte público). Una segunda variante de este método alternativo es considerar el valor del tiempo de viaje para una persona cuyo ingreso es igual al ingreso promedio o al ingreso de la mediana (percentil 50) a nivel nacional.

¹² Como vimos en la sección anterior, las metodologías econométricas actuales permiten estimar el valor del tiempo a nivel individual. Para ello se hace uso tanto de las características demográficas de cada individuo como de la variabilidad idiosincrática no observable, recogida a través de términos de error especialmente introducidos para ello.

¹³ Como ejemplo de ello ver la discusión en Fosgerau et al. (2007).

El criterio expuesto en el párrafo anterior es defectuoso. Como mencionan Borjesson y Eliasson (2014), este criterio alternativo es una ‘sobre-reacción’ que puede conducir a severos problemas de asignación de recursos. La teoría económica es bien clara sobre cómo proceder al respecto, pero el enfoque correcto ha sido defendido con poco vigor por los economistas de transporte.

El enfoque correcto microeconómicamente tiene su base en la economía del bienestar. Para ello se requiere adoptar una función de bienestar social que permita comparar las utilidades de diferentes individuos de manera explícita. Este proceder requiere el uso de ponderadores sociales de la utilidad de las distintas personas. Gálvez y Jara Díaz (1998) han sido pioneros en el uso de este enfoque en la literatura de transporte.

El inconveniente de aplicar métodos basados en el uso de ponderadores sociales, es que su determinación corresponde a un juicio de valor que los analistas se resisten a realizar, con justa razón. Son los tomadores de decisión quienes deberían establecer estos juicios de valor, bajo la consideración que la ciudadanía los eligió para la gestión de políticas públicas. Otro inconveniente para aplicar este método, es la necesidad de mayores requisitos de información, a fin de proceder con el análisis de equidad: no basta con un cálculo del total de los ahorros de tiempo; se debe, por el contrario, conocer cómo se distribuyen los ahorros del tiempo según cada usuario beneficiado por el proyecto.

Rizzi (2011), siguiendo Gálvez y Jara Díaz, elabora un resultado interesante que muestra lo paradójico que puede resultar el enfoque de adoptar un único valor del tiempo de viaje en evaluación social de proyectos de transporte. Dicho criterio implicaría que la utilidad de cada individuo en la función de bienestar social, debería ser ponderada por la inversa de la utilidad marginal del tiempo de viaje; en otras palabras, se ponderaría mayormente la utilidad de aquellos individuos para quienes reducir el tiempo de viaje genera ninguna o una mínima utilidad adicional. No solamente esto es un sinsentido, sino que además -con este criterio- los beneficios de cualquier proyecto de inversión pública (sea de educación, salud, energía, riego, etc.) sobre el bienestar social deberían ser evaluados con estos ponderadores. Definitivamente, esta es una propiedad no deseable en absoluto.

Otro artículo que elabora sobre la propuesta de Gálvez y Jara Díaz (1998), generando una interesante discusión, es Borjesson y Eliasson (2019). Estos autores ponen de manifiesto la importancia de considerar cómo se financiará el proyecto en su evaluación social. Hace una gran diferencia si el financiamiento es a través de cargos a usuarios, rentas generales, presupuestos de gobiernos locales o una combinación de estos. También ponen de manifiesto que, en ocasiones, los beneficios por menor tiempo de viaje pueden, en parte, terminar siendo capturados por terceros agentes como los dueños de las propiedades, si el proyecto de transporte conlleva un aumento del precio de estas. En un caso extremo, donde

los usuarios de transporte son arrendatarios y personas de ingresos bajo o medio, y los dueños de las propiedades, personas de alto ingreso, no residentes en la ciudad, podría darse la situación que los beneficios de un proyecto de transporte sean finalmente ‘exportados’, algo que seguramente no estaría dentro de las motivaciones originales del mismo.

Para un análisis detallado sobre cómo pasar de valores personales a valores sociales utilizando diferentes esquemas de ponderación de la utilidad individual, recomendamos el trabajo de Adler (2016).

Por las razones esgrimidas en esta sección, en la evaluación social de proyectos de transporte, se prefiere aplicar los llamados valores sociales del tiempo *equitativos*, que representan algún tipo de promedio poblacional, evitando recurrir al uso de ponderadores sociales. Al respecto, nos parece más correcto usar el adjetivo valor del tiempo de viaje *estándar*, como se hace en el Reino Unido, o simplemente el valor del tiempo de viaje promedio.

5.9.1 Valor social del tiempo y magnitud de los ahorros de tiempo de viaje

Cuando el efecto magnitud es estadísticamente significativo, se genera el siguiente problema. Consideremos dos proyectos de transporte en el tiempo, cada uno ahorra 5 min de tiempo de viaje, de manera que cuanto el segundo proyecto se concreta un cierto número de años después del primero, el ahorro total sea 10 min. Comparemos esto con un tercer proyecto que entregue un ahorro de 10 min de viaje. Si el efecto magnitud está presente, el tercer proyecto generaría un mayor beneficio social, puesto que ahorrar 10 min de viaje genera mayor beneficio que ahorrar 5 min de viaje en dos momentos diferentes, aunque la suma de beneficios sea la misma al ejecutarse ambos proyectos.

Para evitar este resultado, la práctica convencional adopta el criterio de valorar los ahorros de tiempo de viaje con un mismo valor unitario, independientemente de su magnitud. Este criterio goza de amplia aceptación entre los economistas y nosotros, en particular, estamos de acuerdo.

Una razón que permite racionalizar la postura del párrafo anterior es la siguiente. El efecto magnitud puede existir debido al *efecto agenda*; es decir, cuánto mayor sea el ahorro de tiempo, mayor es la probabilidad de incorporar una nueva actividad en la agenda. En el ejemplo descrito arriba, un ahorro de 5 min de tiempo de viaje, tal vez solo nos permita disponer de 5 min adicionales en el desayuno. Con 10 min de ahorro de tiempo de viaje, tal vez podríamos acomodar una nueva actividad, como la realización de un trámite personal en línea. Sin embargo, cuando se concrete el segundo proyecto, el beneficio de disponer de los 10 min adicionales debiera ser el mismo que el beneficio entregado por el tercer

proyecto que generó un ahorro de 10 min de tiempo de viaje de manera inmediata. De no proceder con un único valor del tiempo, independientemente de la magnitud del ahorro, no podríamos obtener el resultado deseado.

6 Marco Metodológico para un Estudio Nacional del Tiempo de Viaje

El marco metodológico planteado en este capítulo servirá de guía para el desarrollo del estudio nacional sobre el valor del tiempo de viaje en Chile.

6.1 Características Principales Estudios Nacionales de Valor del Tiempo

En los últimos años, siete países han realizado estudios nacionales del valor de tiempo a partir de un trabajo de campo: Alemania, Dinamarca, Holanda, Inglaterra, Noruega, Suecia y Suiza. En todos estos casos, el trabajo de campo fue especialmente diseñado para lograr valores de alcance nacional, haciendo uso de modernas y novedosas técnicas de recolección de información, diseño estadístico, y modelación económica y econométrica.

Para alcanzar representatividad a nivel país, estos estudios desarrollaron su trabajo de campo con alcance nacional, determinando los tamaños de muestra en función de las categorías mínimas a encuestar. La práctica habitual es estimar el valor del tiempo de viaje para combinaciones modo/propósito. Adicionalmente, se estima el valor del tiempo de viaje en función del ingreso del viajero y la distancia del viaje. En cuanto a modos, suelen incluirse la mayoría de los modos terrestres y, en algunos estudios, el modo avión. En cuanto a propósitos de viaje, suelen considerarse viajes habituales, viajes no habituales, y viajes por propósito trabajo o negocios.

Los estudios nacionales de los últimos 20 años se basan principalmente en información proveniente de encuestas de preferencias declaradas (PD), donde viajeros, elegidos en función de cuotas de muestreo según modo/propósito/distancia (y otras variables socioeconómicas), reportan un viaje realizado últimamente. A partir de ese viaje, se diseñan en forma personalizada, diversas situaciones de elección de ruta y elección de modo para cada encuestado. Las primeras tienen un foco específico en atributos como tiempo de viaje, confiabilidad, confort y costo, y las segundas contemplan la posibilidad de cambio de modo por parte de los viajeros, por lo que la constante modal cobra relevancia.

Aunque los estudios nacionales han hecho un uso acotado de datos de preferencias reveladas (PR) para estimar el valor del tiempo de viaje, se desea que el Estudio Nacional a realizar en Chile sea innovador al respecto y que puedan estimarse modelos de PR. Es importante considerar que actualmente existen técnicas que permiten obtener información sobre niveles de servicios con alta precisión, sin necesidad de interrogar a los viajeros

encuestados¹⁴. Ejemplos de esto son el uso de herramientas como las API de Google Maps, que entregan tiempos de viaje en diversos modos conociendo el origen, destino y la hora del viaje.

En relación al valor del tiempo de viaje (VTV), se distingue entre el valor *en el vehículo*, el valor del tiempo *de espera y acceso/egreso*, el valor del tiempo o penalidad por *transbordo*, la *confiabilidad* del tiempo de viaje en vehículo¹⁵ y el impacto del *confort* sobre el valor del tiempo en función del nivel de *hacinamiento* o la proporción del tiempo viajando en condiciones de alta *congestión*¹⁶. La práctica internacional consiste en estimar el VTV en vehículo, en unidades monetarias y expresar todos los demás valores como multiplicadores de este valor.

En cuanto a la modelación, es clave entender el efecto de factores como la distancia del viaje o el ingreso de los viajeros sobre el valor del tiempo de viaje. Para ello, se ha desarrollado una variedad de modelos incorporando interacciones continuas (*variaciones sistemáticas de gusto*) que permiten estudiar estos efectos con alto nivel de detalle. Otro tema clave son los gustos idiosincráticos (aleatorios) que no pueden ser recogidos mediante variables socio-económicas. Este fenómeno se puede tratar con modelos flexibles que permiten parámetros aleatorios, como el Logit Mixto¹⁷. Otro elemento a destacar es la modelación directa en el espacio de las unidades monetarias, a fin de obtener la disposición al pago por el atributo de interés directamente, sin necesidad de recurrir a cocientes de utilidades marginales (donde el denominador es la utilidad marginal del ingreso/costo). En algunos estudios también se ha prestado atención al fenómeno de aversión a las pérdidas.

Por último, la modelación debe contemplar la incertidumbre asociada a la estimación del VTV. Para ello es clave, desarrollar métodos de estimación que permitan el cálculo de intervalos de confianza, a fin de visualizar que tan dispersa es la estimación del valor del

¹⁴ En los últimos años las técnicas de recolección de datos pasivas han hecho progresos notables; esta es una ventaja que debe aprovecharse para que este estudio sea innovador y sienta un antecedente de la mejor práctica a nivel mundial.

¹⁵ En Chile, la confiabilidad en los tiempos de espera de servicios de transporte público puede ser una variable relevante, que quizás merezca ser tratada de manera específica y no como una componente implícita en la variabilidad del tiempo de viaje total.

¹⁶ Dado que en condiciones de alta congestión los tiempos de viaje son más inciertos, en una encuesta de PD podría ocurrir que la cantidad de minutos que se viaja en condiciones de alta congestión internalice de manera implícita la variabilidad en los tiempos de viaje. Entonces, si la disposición a pagar por reducir tiempo de viaje en condiciones de alta congestión incluye la disposición a pagar por mayor confiabilidad en los tiempos de viaje, habría una doble contabilidad de beneficios si se incorpora el atributo variabilidad del tiempo de viaje.

¹⁷ Train, K. (2009) *Discrete Choice Methods with Simulation*. Segunda Edición, Cambridge University Press, Cambridge.

tiempo. Una alta dispersión no debe ser vista como algo problemático; si ella es efectivamente un fenómeno de la vida real, esta dispersión debe ser considerada en los estudios de evaluación social de proyectos de transporte a fin de lograr una toma de decisión robusta.

Un caso especial es la modelación del valor del tiempo de viajes con propósito trabajo o negocios. Este tipo de viajes no es considerado en todos los estudios nacionales. Cuando no son considerados, se debe a la adopción del *criterio de la tasa salarial*. Según este criterio, el costo asociado a un viaje realizado en horas de trabajo, está dado por la productividad perdida debida al hecho que la persona esté viajando en lugar de estar produciendo. Tanto el estudio danés como el estudio sueco, no consideraron viajes por motivo trabajo.

Un método propuesto en la literatura para calcular el valor del tiempo de viaje por negocios, es el llamado *Enfoque Hensher*¹⁸, donde el beneficio de ahorrar tiempo de viaje por motivo trabajo, está dado por una ecuación que incluye el beneficio del empleador (ganancia de productividad medida por el salario horario) más el beneficio del empleado (ganancia de utilidad medida por la disposición al pago de quien realiza el viaje). El Enfoque Hensher, como tal, no se deriva de una ecuación de maximización de bienestar individual o beneficio empresario; se trata de una ecuación establecida de manera *ad hoc* y ha sido criticado (por ejemplo, en el estudio inglés). No obstante, este enfoque fue utilizado en el estudio holandés.

El estudio inglés, por otro lado, determinó que existían razones convincentes para estimar el valor del tiempo de viaje por propósito negocios a partir de encuestas de PD. En ese caso la disyuntiva residió en quien debía ser encuestado: ¿el empleador o el empleado? Se encuestó a empleados y a empleadores, pero para determinar el valor del tiempo de viaje por propósito trabajo se decidió hacer uso de las encuestas de PD respondidas por los empleados. Por su parte y en esta línea, el estudio alemán solo encuestó a empleados para estimar el VTV por propósito trabajo.

6.2 Lineamientos para un Estudio Nacional del Valor del Tiempo

El estudio sobre el valor del tiempo de viaje ha sido dividido en dos etapas. La Etapa 2 tiene por objetivo general:

“Desarrollar una metodología que permita estimar valores del tiempo de viaje (VTV) mediante un estudio de carácter piloto, escalable a nivel nacional.”

¹⁸ Hensher, D.A. (1977) *Value of Business Travel Time*. Pergamon Press, Oxford.

En otras palabras, la Etapa 2 está asociada a un estudio piloto que generará una metodología de investigación de mercado que permita estimar el valor del tiempo de viaje a partir de un trabajo de campo especialmente diseñado que demuestre ser factible de escalar a nivel nacional. Una vez concluida la Etapa 2, se procederá con la Etapa 3, consistente en un nuevo y definitivo estudio, cuyo objetivo será la estimación del valor del tiempo de viaje de los usuarios del sistema de transporte con significancia estadística a nivel nacional; este es un insumo necesario para la posterior estimación del valor social del tiempo de viaje a ser utilizado por el Sistema Nacional de Inversiones.

A continuación, se entregan lineamientos para la realización de las actividades de la Etapa 2 de un estudio nacional del valor del tiempo de viaje.

6.2.1 Recolección de información

1. En cuanto a la naturaleza de los datos a utilizar en la estimación del valor del tiempo, se debe recabar información de preferencias reveladas (PR) y declaradas (PD).
 - 1.1. El dato de PR corresponde a un viaje a reportar por el individuo, a partir del que se pivotará la encuesta de PD.
 - 1.2. A partir de los datos de PR se propone elaborar encuestas de PD de elección de ruta y elección de modo de viaje. Las encuestas de elección de ruta tienen la ventaja de concentrar al encuestado en los efectos de los distintos atributos de viaje, eliminando la influencia del efecto modo de viaje. En las encuestas de elección de modo, se corre el riesgo de observar un alto comportamiento lexicográfico, donde las personas simplemente no están dispuestas a considerar el modo de viaje alternativo.
 - 1.3. Se espera que con el dato del viaje recabado más información adicional sobre los modos de viaje alternativos, se pueda construir una base de datos de PR que permita estimar modelos de elección de modo de viaje.
2. En cuanto a los propósitos de viaje, la modelación debe desagregar, como mínimo, por motivos de viaje habituales, otros y viajes de trabajo y/o negocios.
3. En los viajes por motivo de trabajo y/o negocios, se propone encuestar al viajero, considerando preguntas sobre el margen de decisión que este tiene para elegir modo y hora de viaje, y sobre cómo se paga el viaje. Una buena referencia para esto es el estudio español.
4. En cuanto a la distancia de viaje, se deben generar al menos cuatro bandas de distancia de viajes y asociar cuotas de muestreo a cada una de estas bandas. Se espera que las bandas de viaje sean de menor amplitud para viajes de menor distancia y bandas de mayor amplitud a medida que la distancia de viaje aumenta.
5. En cuanto a los modos de viaje, debe cubrirse la gran mayoría de estos, incluyendo transporte aéreo, transporte privado, transporte público, transporte activo (caminata y

bicicleta) u otros modos que se consideren relevantes para cumplir con el objetivo principal del estudio.

6. En cuanto al ingreso de los usuarios se debe recabar la información de forma que permita hacer cruces con las encuestas de ingresos del INE. El dato del ingreso debe ser recabado de manera tal que pueda estimarse el valor del tiempo de viaje en función del ingreso de los usuarios. Idealmente se debe consultar por el ingreso personal y el ingreso familiar. Existen diversos métodos para recolectar información sobre ingreso que el estudio deberá explorar a fin de lograr el objetivo de capturar el efecto del ingreso sobre el valor del tiempo de viaje.
7. La encuesta debe incluir preguntas sobre el uso del tiempo mientras se viaja, distinguiendo al menos entre actividades de ocio, trámites y trabajo. Con esta información se deben elaborar indicadores de tiempos promedios por usuario y por modo dedicados a distintas actividades durante el viaje. Al respecto, se sugiere ver la Figura 1 en Batley et al. (2020).
8. La encuesta debe incluir preguntas sobre sobre hábito, percepciones y actitudes, en relación a aspectos como los siguientes: uso de automóvil (o motocicleta), transporte público y modos activos (en particular, bicicleta), a nivel personal como social; tecnología actual y futura del transporte y medio ambiente.
9. Los atributos a considerar tanto para la toma de datos como para la modelación deberán incluir:
 - 9.1. El tiempo de viaje desagregado en sus componentes: tiempo de viaje en el vehículo, tiempo de acceso, tiempo de espera y tiempo de transbordo;
 - 9.2. En el caso de automóvil, se debe distinguir el tiempo de viaje en vehículo según los estados de tráfico. Al menos, se deben considerar los siguientes estados de tráfico: flujo libre, congestión moderada y alta congestión.
 - 9.3. En cuanto al tiempo de viaje en vehículo para los modos de transporte público no ferroviarios, queda al arbitrio del consultor si se adopta la misma categorización del punto 9.2 anterior en relación a los estados de tráfico.
 - 9.4. Regularidad del tiempo de viaje. Esto puede tratarse de dos maneras. Para el modo automóvil suele considerarse la desviación estándar o varianza en los tiempos de viaje; para los modos de transporte público sujetos a frecuencia de horarios, el porcentaje de las veces que se llega después de un horario de referencia. Debe considerarse también este efecto en relación al modo aéreo.
 - 9.5. Confort o hacinamiento en viajes de transporte público. Debe investigarse como aumenta el valor del tiempo de viaje a medida que aumenta el nivel de hacinamiento en el transporte público.

- 9.6. Transbordos en viajes de transporte público. Los transbordos deben ser penalizados tanto en función del tiempo que insumen, como en función de la penalidad *per se* por transbordar. En la medida que exista un porcentaje de usuarios que realizan dos o más transbordos, tal que se pueda lograr significancia estadística, se debe investigar si estas penalidades se incrementan de manera lineal o no con el número de transbordos.
10. La encuesta debe considerar el reclutamiento de personas en distintas ciudades del país y/o sitios de transporte (estaciones de servicios o estaciones de peaje en autopistas, estaciones de trenes, buses y/o aeropuertos, paraderos, calles y ciclovías), u otros lugares, como hogares y oficinas. También cabe la alternativa de utilizar paneles en-línea, directorios telefónicos, directorios de registros de vehículos, etc. En relación a la cobertura territorial, la Etapa 3 del estudio deberá cubrir el universo de viajes nacionales. La Etapa 2, de encuesta piloto, deberá desarrollarse considerando lo anterior, de manera que se garantice la escalabilidad de los instrumentos a diseñar.

6.2.2 Diseño de la encuesta

11. Para diseñar las encuestas se deberán realizar grupos focales que consideren viajes en al menos cuatro rangos de distancia; viajes por diferentes propósitos, viajes en diferentes modos y clasificación por estratos de mercado o socio-económico. También se debe realizar entrevistas en profundidad y encuestas de tipo pre-test. Estas distintas actividades deben ser realizadas en más de una ciudad del país.
12. La realización de las encuestas en la Etapa 2 debería proceder en fases de manera tal que puedan irse mejorando los formularios de encuesta según las circunstancias lo requieran. Se espera que se prueben distintas alternativas de formularios de encuestas a los efectos de determinar la versión o versiones que mejor funcionan.

6.2.3 Modelación

13. La modelación debe permitir estimar el valor del tiempo de viaje para al menos tres propósitos de viaje (viajes de trabajo o de negocios, viajes habituales, como al trabajo o estudio, y viajes con otros propósitos o no habituales) en función de la distancia (o tiempo) y el modo de viaje (modos terrestres y el modo aéreo).
14. La modelación debe permitir Investigar el efecto del ingreso, percepciones, actitudes y hábitos de viajeros sobre el valor del tiempo de viaje.
15. La modelación debe considerar los efectos de variables como el confort (hacinamiento en el caso de modos de transporte público o congestión en el caso de transporte privado) y la variabilidad del tiempo de viaje en el valor del tiempo de viaje.
16. La modelación debe permitir estimar la incertidumbre asociada al valor del tiempo de viaje, expresada en intervalos de confianza apropiadamente calculados.

17. La modelación en la Etapa 2, de pilotaje, debe permitir estimar valores del tiempo que sirvan para obtener valores *a priori* para construir diseños eficientes en la Etapa 3 del estudio nacional del valor del tiempo de viaje.

Bibliografía

- Adler, M. (2016) Benefit–cost analysis and distributional weights: an overview. *Review of Environmental Economics and Policy* **10**, 264–285.
- Amador, F.J., Gonzalez, R.M. y Ortúzar, J. de D. (2005) Preference heterogeneity and willingness-to-pay for travel time savings. *Transportation* **32**, 627-647
- Ampt, E.S. y Ortúzar, J. de D. (2004) On best practice in continuous large-scale mobility surveys. *Transport Reviews* **24**, 337-363.
- Annema, J.A., Frenken, K., Koopmans, C. y Kroesen, M. (2017) Relating cost-benefit analysis results with transport project decisions in The Netherlands. *Letters in Spatial and Resource Sciences* **10**, 109-127.
- Armstrong, P.M., Garrido, R.A. y Ortúzar, J. de D. (2001) Confidence intervals to bound the value of time. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **37**, 143-161.
- ARUP, ITS y Accent (2015a) *Provision of Market Research for Value of Travel Time Savings and Reliability: Phase 2 Report*. Informe presentado a Department for Transport, London.
- ARUP, ITS y Accent (2015b) *Provision of Market Research for Value of Travel Time Savings and Reliability: Non-Technical Summary Report*. Informe presentado a Department for Transport, London.
- ARUP, ITS y Accent (2015c) *Provision of Market Research for Value of Travel Time Savings and Reliability: Walk and Cycle Report*. Informe presentado a Department for Transport, London.
- ARUP, ITS y Accent (2015d) *Provision of Market Research for Value of Travel Time Savings and Reliability: Phase 2 Report – Appendices*. Informe presentado a Department for Transport, London.
- ARUP, ITS y Accent (2015e) *Provision of Market Research for Value of Travel Time Savings and Reliability: Phase 2 Report – Appendix E*. Informe presentado a Department for Transport, London.
- AASHTO (2010) *User and Non-User Benefit Analysis for Highways*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
- Astroza, S. y Jara-Díaz, S.R (2011) Comparación de los enfoques microeconómico y estructural en la modelación del uso y valor del tiempo. *Actas del XV Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*. Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, Santiago.
- ATAP (2016a) *Australian Transport Assessment and Planning Guidelines: M4 Active Travel*. Australian Transport and Infrastructure Council, Canberra.
- ATAP (2016b) *Australian Transport Assessment and Planning Guidelines: PV2 Road Parameter Values*. Australian Transport and Infrastructure Council, Canberra.
- ATAP (2018) *Australian Transport Assessment and Planning Guidelines: M1 Public Transport*. Australian Transport and Infrastructure Council, Canberra.

- Athira, I.C., Muneera, C.P., Krishnamurthy, K. y Anjaneyulu, M.V.L.R. (2016) Estimation of value of travel time for work trips. *Transportation Research Procedia* **17**, 116-123.
- ATC (2006) *National Guidelines for Transport System Management in Australia*. Australian Transport Council Canberra.
- Axhausen, K.W., Hess, S., König, A., Abay, G., Bates, J.J. y Bierlaire, M. (2008) Income and distance elasticities of values of travel time savings: new Swiss results. *Transport Policy* **15**, 173-185.
- Bahamonde-Birke, F.J., Kunert, U., Link, H. y Ortúzar, J. de D. (2017) About attitudes and perceptions – finding the proper way to consider latent variables in discrete choice models. *Transportation* **44**, 475-493.
- Batarce, M. (2017) Estimación del valor del tiempo usando modelos de elección discreta con datos de preferencias reveladas y niveles de servicio agregados. *Actas del XVIII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Sociedad Chilena de Ingeniería de Transporte, Santiago.
- Batarce, M., Muñoz, J.C y Ortúzar, J. de D. (2016) Value crowding in public transport: implications for cost-benefit analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **91**, 358-378.
- Batley, R. (2018) Income effects, cost damping and the value of time: theoretical properties embedded within practical travel choice models. *Transportation* **45**, 623-640.
- Batley, R., Bates, J., Bliemer, M., Börjesson, M., Bourdon, J., Ojeda Cabral, M., Chintakayala, P.K., Choudhury, C., Daly, A., Dekker, T., Drivyla, E., Fowkes, T., Hess, S., Heywood, C., Johnson, D., Laird, J., Mackie, P., Parkin, J., Sanders, S., Sheldon, R., Wardman, M. y Worsley, T. (2019) New appraisal values of travel time saving and reliability in Great Britain. *Transportation* **46**, 583-621.
- Batley, R., Dekker, T. y Stead, I. (2019) Worthwhile use of travel time and applications in the United Kingdom. *International Transport Forum Discussion Papers 2019/13*, OECD Publishing, Paris.
- Batley, R., Mackie, P., Bates, J., Fowkes, T., Hess, S., de Jong, G., Wardman, M. y Fosgerau, M. (2010) *Updating Appraisal Values for Travel Time Savings Phase 1 Study*. Informe presentado para el Department for Transport, London.
- Bliemer, M.C.J. y Rose, J.M. (2010) Construction of experimental designs for mixed logit models allowing for correlation across choice observations. *Transportation Research Part B: Methodological* **44**, 720–734.
- Börjesson, M. (2010). Valuating perceived insecurity associated with use of and access to public transport. *Proceeding from the European Transport Conference, Glasgow*.
- Börjesson, M. y Eliasson, J. (2014) Experiences from the Swedish value of time study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **59**, 144-158.
- Börjesson, M. y Eliasson, J. (2019) Should values of time be differentiated? *Transport Reviews* **39**, 357-375.

- Börjesson, M., Fosgerau, M. y Algers, S. (2012a) On the income elasticity of the value of travel time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **46**, 368-377.
- Börjesson, M., Fosgerau, M., & Algers, S. (2012b). Catching the tail: empirical identification of the distribution of the value of travel time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **46**, 378-391.
- Börjesson, M., Kouwenhoven, M., de Jong, G. y Daly, A. (2020) The value of travel time over time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* (en revisión).
- CEPAL (2018) *Compendio del Primer Congreso Internacional de Evaluación Social de Proyectos*. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe, Santiago.
- Cherchi, E y Ortúzar, J. de D. (2006). Income, time effects and direct preferences in a multimodal choice context: application of mixed RP/SP models with non-linear utilities. *Network and Spatial Economics* **6**, 7-23.
- Chiu, C. y Guevara, C.A. (2019) Assessment of hypothetical bias in the estimation of the VOT using SP and SP-off-RP data. *International Choice Modelling Conference 2019*, Kobe.
- CIPRES Ingeniería (2010) *Actualización del Valor Social del Tiempo de Viajes Interurbanos. Informe Final* para MIDEPLAN, Santiago.
- Daly, A. y Hess, S. (2020) VTT or VTTS: a note on terminology for value of travel time work. *Transportation* **47**, 1359-1364.
- Daly, A., Hess, S. y de Jong, G. (2012) Calculating errors for measures derived from choice modelling estimates. *Transportation Research Part B: Methodological* **46**, 333-341.
- Daly, A.J. y Ortúzar, J. de D. (1990) Forecasting and data aggregation: theory and practice. *Traffic Engineering and Control* **31**, 632-643.
- de Borger, B. y Fosgerau, M. (2008) The trade-off between money and travel time: a test of the theory of reference-dependent preferences. *Journal of Urban Economics* **64**, 101-115.
- de Grange, L., Fariña, P. y Ortúzar, J. de D. (2015) Dealing with collinearity in travel time valuation. *Transportmetrica A: Transport Science* **11**, 317-332
- de Jong, G. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 3 The Netherlands Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- de Jong, G. y Kouwenhoven, M. (2019) Time use and values of time and reality in The Netherlands. *International Transport Forum Discussion Papers* **2019/11**, OECD Publishing, Paris.
- de Jong, G., Kroes, E., Plasmeijer, R., Sanders, P. y Warffemius, P. (2004) The value of reliability. *Proceedings of the European Transport Conference 2004*, Strasbourg.
- DfT (2015a) *Understanding and Valuing Impacts of Transport Investment: Values of Travel Time Savings*. Department for Transport, London.
- DfT (2015b) *Value of Travel Time What is Really Driving Business Travel Decisions? Qualitative Research Report*. Department for Transport, London.

- DfT (2016) *Understanding and Valuing Impacts of Transport Investment: Values of Travel Time Savings Consultation Response*. Department for Transport, London.
- Douglas, N.J. y Brooker, T. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 6 NSW Australia Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Douglas, N.J. y Karpouzis, G. (2005). Estimating the cost to passengers of station crowding. *28th Australasian Transport Research Forum*, Sydney.
- Douglas, N.J. y Legaspi, J. (2018) Estimating the Value of Private Car Travel Time and Reliability for NSW. *28th ARRB Conference – “Next Generation Connectivity” Brisbane, Queensland 2018*.
- Douglas, N.J., Wallis, I., Lawrence, A. y Wignall, D. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 7 New Zealand Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Dubernet, I. (2019) *Understanding the Value of Travel Time: Advanced Modelling Techniques Applied to the National German Value of Travel Time and Travel Time Reliability Study*. Ph.D. Thesis, ETH Zurich.
- Dubernet, I. y Axhausen, K.W. (2020) The German value of time and value of reliability study: the survey work. *Transportation* **47**, 1477-1513.
- EBC Ingeniería (2012) *Estimación de Valores Sociales del Tiempo de Viaje de Pasajeros Interurbanos Utilizando Nuevas Formulaciones de Modelos de Demanda*. Informe presentado a SECTRA, Santiago.
- EBC Ingeniería (2014) *Estimación del Valor Social del Tiempo de Viaje Urbano Aplicando el Enfoque de Disponibilidad a Pagar*. Informe presentado a SECTRA, Santiago.
- Ehreke, I., Hess, S., Weis, C. y Axhausen, K.W. (2019) Reliability in the German value of time study. *Transportation Research Record* **2495**, 14-22.
- Eliasson, J. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 4 Sweden Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Fernández y De Cea Ingenieros (2005) *Actualización del Valor Social del Tiempo para Proyectos de Vialidad Interurbana*. Informe presentado a MIDEPLAN, Santiago.
- Fosgerau, M. (2005) Unit income elasticity of the value of travel time savings. *European Transport Conference 2005*, Strasbourg.
- Fosgerau, M. (2019) Automation and the value of time in passenger transport. *International Transport Forum Discussion Papers* **2019/10**, OECD Publishing, Paris.
- Fosgerau, M., Hjorth, K. y Lyk-Jensen, S.V. (2007) *The Danish Value of Time Study Final Report*. Danish Transport Research Institute, Copenhagen.
- Fosgerau, M., Hjorth, K., Lyk-Jensen, S. V. (2010) Between-mode-differences in the value of travel time: Self-selection or strategic behaviour. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **15**, 370-381.

- Flügel, S., Veisten, K., Rizzi, L.I., Ortúzar, J. de D. y Elvik, R. (2019) A comparison of bus passengers' and car drivers' valuation of casualty risk reductions in their routes. *Accident Analysis and Prevention* **122**, 63-75.
- Gálvez, T.E. y Jara-Díaz, S.R. (1998) On the social valuation of travel time savings. *International Journal of Transport Economics* **25**, 205-219.
- Gaudry, M.J.I., Jara-Díaz, S.R. y Ortúzar, J. de D. (1989) Value of time sensitivity to model specification. *Transportation Research Part B: Methodological* **23**, 151-158.
- Gaudry, M. y de Lapparent, M. (2015) Attitudes to distance, time and cost in logit transport choice models. *Report TRANSP-OR 150113*, Ecole Polytechnique Federale de Laussane.
- Goodwin, P. (2019) The influence of technologies and lifestyle on the value of time. *International Transport Forum Discussion Papers 2019/03*, OECD Publishing, Paris.
- Gühnemann, A. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 2 Germany Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Gühnemann, A., Kelly, C., Mackie, P. y Worsley, T. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 1 England Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Gunn, H.F., Mackie, P.J. y Ortuzar, J. de D. (1980) Assessing the value of time travel savings – a feasibility study on Humberside. *Working Paper 137*. Institute of Transport Studies, University of Leeds.
- Hensher, D. (2001) The Valuation of commuter travel time savings for car drivers: evaluate alternative model specifications. *Transportation* **28**, 101-118.
- Hensher, D.A., Rose, J.M. y Collins, A. (2011). Identifying commuter preferences for existing modes and a proposed Metro in Sydney, Australia with special reference to crowding. *Public Transport* **3**, 109–147.
- Hess, S., Daly, A. y Börjesson, M. (2020) A critical appraisal of the use of simple time-money trade-offs for appraisal value of travel time measures. *Transportation* **47**, 1541–1570.
- Hess, S., Daly, A., Dekker, T., Ojeda Cabral, M. y Batley, R. (2017) A framework for capturing heterogeneity, heteroskedasticity, non-linearity, reference dependence and design artefacts in value of time research. *Transportation Research Part B: Methodological* **96**, 126-149.
- ITS y ARUP (2017) *Programme for Maintaining a Robust Valuation of Travel Time Savings: Feasibility Study (Final Phase 1 report)*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- ITS y ARUP (2018) *Programme for Maintaining a Robust Valuation of Travel Time Savings: Feasibility Study (Final Phase 2 report)*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Jara-Díaz, S.R. (1990) Valor subjetivo del tiempo y utilidad marginal del ingreso en modelos de partición modal. *Apuntes de Ingeniería* **39**, 41-49.

- Jara-Díaz, S.R. (2007) *Transport Economic Theory*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Jara-Díaz, S., Munizaga, M.A., Greeven, P., Guerra, R. y Axhausen, K. (2008) Estimating the value of leisure from a time allocation model. *Transportation Research Part B: Methodological* **42**, 946-957.
- Jara-Díaz, S. R. y Rosales-Salas, J. (2017) Beyond transport time: A review of time use modeling. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **97**, 209–230.
- Kato, T., Uchida, K., Lam, W.H. y Sumalee, A. (2020) Estimation of the value of travel time and of travel time reliability for heterogeneous drivers in a road network. *Transportation*. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11116-020-10107-x>
- Konig, A., Abay, G. y Axhausen, K.W. (2003) Time is money - the valuation of travel time savings in Switzerland. *Third Swiss Transport Research Conference*, Ascona.
- KOTI (2018) *Estimation of Value of Travel Time*. Department of Transport Big Data, Korea Transportation Institute.
- Kouwenhoven, M., de Jong, G.C., Koster, P., van den Berg, V.A., Verhoef, E.T., Bates, J. y Warffemius, P.M. (2014) New values of time and reliability in passenger transport in The Netherlands. *Research in Transportation Economics* **47**, 37-49.
- Lee, S., Kim, G.C., Wu, S.K. y Oh, J. (2019) Influence of ICT on public transport use and behaviour in Seoul. *International Transport Forum Discussion Papers* **2019/02**, OECD Publishing, Paris.
- Legaspi, J. y Douglas, N. (2015) The value of travel time revisited – NSW Experiment. *2015 Australasian Transport Research Forum*, Sydney.
- Li, Z. y Hensher, D.A. (2011). Crowding and public transport: a review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal. *Transport Policy* **18**, 880–887.
- Litman, T. (2018) Transportation cost and benefit analysis (ii): travel time costs. Victoria Transport Policy Institute, Victoria.
- Mackie, P.J., Jara-Díaz, S.R. y Fowkes, A.S. (2001) The value of travel time savings in evaluation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* **37**, 91-106.
- Mackie, P.J., Wardman, M., Fowkes, A.S., Whelan, G., Nellthorp, J. y Bates, J. (2003) *Values of Travel Time Savings UK*. Institute of Transport Studies, University of Leeds.
- Mackie, P.J. y Worsley, T. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice - Overview Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Mackie, P.J., Worsley, T. y Eliasson, J. (2014) Transport appraisal revisited. *Research in Transportation Economics* **47**, 3-18.
- Mahmassani, H.S., Kim, J., Chen, Y., Stogios, Y., Brijmohan, A. y Vovsha, P. (2014) Incorporating reliability performance measures into operations and planning modeling tools. *Report S2-L04-RR-1*. Transportation Research Board. Washington, D.C.
- Maunsell, F. y Macdonald, M. (2007). *Rail Overcrowding, Reliability and Frequency*. Report for Centro. The West Midlands Passenger Transport Executive, Birmingham.

- Mella, C. (2020) *Revisión a la Formulación, Actualización y Uso del Valor Social del Tiempo de Viaje*. División de Evaluación Social de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social y Familia.
- METROLINX (2019) *Business Case Manual Volume 2: Guidance*. METROLINX, Toronto.
- Meunier, D. (2019) Mobility practices, value of time and transport appraisal. *International Transport Forum Discussion Papers No. 2019/12*, OECD Publishing, Paris.
- Meunier, D. y Quinet, E. (2015) Value of time estimations in cost benefit analysis: the French experience. *Transportation Research Procedia* **8**, 62-71.
- Molin, E., Adjenughwure, K., de Bruyn, M., Cats, O. y Warffemius, P. (2020) Does conducting activities while traveling reduce the value of time? Evidence from a within-subjects choice experiment. *Transportation Research part A: Policy and Practice* **132**, 18-29.
- Mouter, N. (2016) Value of time: to differentiate or not to differentiate? *Compendium of Papers of the 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB)*. <https://doi.org/10.3141/2597-11>.
- MVA, ITS and TSU (1987) *The Value of Travel Time Savings*. Policy Journals, Newbury.
- NCHRP (2009) Travel Demand Forecasting Tools for Pricing Projects. Final Report, Vol. 2, *Project HR-08-57: Improved Framework and Tools for Highway Pricing Decisions*. Preparado por Parsons Brinckerhoff Inc., University of Texas at Austin, Northwestern University, University of California at Irvine, Resource System Group y Mark Bradley Research and Consulting, Washington, D.C.
- NZ Transport Agency (2016) *Economic Evaluation Manual*. New Zealand Transport Agency, Wellington.
- Ortúzar, J. de D. (2000) Modelling route and multimodal choices with revealed and stated preference data. En J. de D. Ortúzar (ed.), *Stated Preference Modelling Techniques*. 299-318, Perspectives 4, PTRC, Londres.
- Ortúzar J. de D. (2012) *Modelos de Demanda de Transporte*. 3ª Edición, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2011) *Modelling Transport*. 4th Edition, John Wiley & Sons, Chichester.
- Østli, V., Halse, A.H. y Killi, M. (2015) Valuation of time, reliability and comfort factors adapted to NTM6. *TØI Report 1389/2015*. Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research.
- Quinet, E. (2013). *L'évaluation Socio-économique des Investissements Publics*. Report of the Commissariat-General for Strategy and Foresight, Paris https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/CGSP_Evaluation_socioeconomique_17092013.pdf
- Ramjerdi, F., Flügel, S., Samstad, H. y Killi, M. (2010) Value of time, safety and environment in passenger transport – time. *TØI Report 1053B/2010*. Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research.

- Rizzi, L.I. (2011) Reflexiones a partir del uso de un único valor social de ahorros de tiempo de viaje en evaluación social de proyectos. *Revista de Ingeniería de Transporte* **15**, 21-25.
- Rizzi, L.I. y Ortúzar, J. de D. (2003) Stated preference in the valuation of interurban road safety. *Accident Analysis and Prevention* **35**, 9-22.
- Román, C., Martín, J.C., Espino, R., Cherchi, E., Ortúzar, J. de D., Rizzi, L.I., González, R.M. y Amador, F.J. (2014) Valuation of travel time savings for intercity travel: the Madrid-Barcelona corridor. *Transport Policy* **36**, 105-117.
- Rose, J.M. y Bliemer, M.C.J. (2009) Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews* **29**, 587-617.
- Small, K. A. (1982) The Scheduling of Consumer Activities: Work Trips. *American Economic Review* **72**, 467-79.
- Schmid, B., Jokubauskaite, S., Aschauer, F., Peer, S., Hössinger, R., Gerike, R., Jara-Diaz, S. y Axhausen, K. (2019) A pooled RP/SP mode, route and destination choice model to investigate mode and user-type effects in the value of travel time savings. *Transportation Research Part A* **124**, 262-294.
- SHRP-II (2012) Improving our Understanding of How Highway Congestion and Pricing Affect Travel Demand. *Executive Summary and Technical Report*. Preparado por Parsons Brinckerhoff Inc., Northwestern University, Mark Bradley Research and Consulting, University of California at Irvine, Resource System Group, University of Texas at Austin, Frank Koppelman y GeoStats, Washington, D.C.
- Sillano, M. y Ortúzar, J. de D. (2005) Willingness-to-pay estimation with mixed logit models: some new evidence. *Environment and Planning Part A: Economy and Space* **37**, 525-550.
- Small, K.A. (2012) Valuation of travel time. *Economics of Transportation* **1**, 2-14.
- Significance, VU University Amsterdam, John Bates Services (2013) Values of Time and Reliability in Passenger and Freight Transport in The Netherlands. Report for the Ministry of Infrastructure and the Environment.
- Sugden, R. (2005) Coping with preference anomalies in cost-benefit analysis: a market-simulation approach. *Environmental Resource Economics* **32**, 129-160.
- Tirachini, A., Hensher, D.A. y Rose, J.M. (2013) Crowding in public transport systems: effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **53**, 36-52.
- Tirachini, A., Hensher, D.A. y Rose, J.M. (2014) Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: the interplay between traffic congestion and bus crowding. *Transportation Research Part B: Methodological* **61**, 33-54.
- TOI (Institute of Transport Economics – Norwegian Centre for Transport Studies) (2020) Value of travel time and related factors – Technical report. *TOI Report* 1762/2020. www.toi.no/getfile.php/1353105/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2020/1762-2020/1762-2020-sum.pdf

- Transport for NSW (2016) *Principles and Guidelines for Economic Appraisal of Transport Investment and Initiatives: Transport Economic Appraisal Guidelines*. Transport for New South Wales, Haymarket.
- USDOT (2014) *The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2 (2014 Update)*. US Department of Transportation, Washington, D.C.
- USDOT (2015) *The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2 (2015 Update)*. US Department of Transportation, Washington, D.C.
- USDOT (2016) *The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2 (2016 Update)*. US Department of Transportation, Washington, D.C.
- Veisten, K., Flügel, S., Rizzi, L.I., Ortúzar, J. de D. y Elvik, R. (2013) Valuing casualty risk reductions from estimated baseline risk. *Research in Transportation Economics* **43**, 50-61.
- Wallis, I., Rupp, K. y Alban, R. (2015) *Travel Time Saving Assessment*. The New Zealand Transport Agency Research, Wellington.
- Wang, B. y Hensher, D. (2015) Working while travelling: what are implications for the value of travel time savings in the economic appraisal of transport projects? Working Paper ITLS-WP_15-24, Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sydney.
- Wardman, M., Batley, R., Laird, J., Mackie, P. y Bates, J. (2015) How should business travel time savings be valued? *Economics of Transportation* **4**, 200-214.
- Wardman, M., Batley, R., Laird, J., Mackie, P., Fowkes, T., Lyons, G., Bates, J. y Eliasson, J. (2013) Valuation of Travel Time Savings for Business Travellers. Reporte Principal para el Department for Transport.
- Wardman, M., Chintakayala, V.P.K., y de Jong, G.C. (2016) Values of travel time in Europe: review and meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **94**, 93-111.
- Wardman, M. e Ibáñez, J.N. (2012) The congestion multiplier: variations in motorists' valuations of travel time with traffic conditions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* **46**, 213-225.
- Wardman, M. y Whelan, G.A. (2011). Twenty years of rail crowding valuation studies: evidence and lessons from British experience. *Transport Reviews* **31**, 379–398.
- Weisbrod, G. (2013) *International Comparison of Transport Appraisal Practice-Annex 5 US Country Report*. Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Welde, M., Eliasson, J., Odeck, J. y Börjesson, M. (2013) The use of cost-benefit analyses in Norway and Sweden: a comparison. *Proceeding of the European Transport Conference 2013*, Frankfurt.

- Whelan, G. y Crockett, J. (2009). An investigation of the willingness to pay to reduce rail overcrowding. *International Choice Modelling Conference*, Harrogate.
- Wu, J. (2013) The financial and economic assessment of China's high speed rail investments: a preliminary analysis. *Discussion Paper No. 2013-28*, International Transport Forum, OECD, Paris.
- Wu, J., Nash, C. y Wang, D. (2014) Is high speed rail an appropriate solution to China's rail capacity problems? *Journal of Transport Geography* **40**, 100-111.
- Yañez, M.F., Mansilla, P. y Ortúzar, J. de D. (2010) The Santiago Panel: measuring the effects of implementing Transantiago. *Transportation* **37**, 125-149.