
CALCULO DE LOS PESOS DE ATRIBUTOS AMBIENTALES A USAR EN EL AHP BASADO EN FUNCIONES DE UTILIDAD

Alejandro Tudela R., Natalia Akiki H.
Universidad de Concepción
Casilla 160 C – Concepción
Fax: (41) 20 7089
e-mail: atudela@udec.cl, nakikih@vtr.net

RESUMEN

En vista de las debilidades de la comparación por pares como método para el cálculo de la importancia relativa (o pesos) de los atributos en el método multicriterio AHP, en este artículo se utiliza una metodología alternativa para el cálculo de dichos pesos, la cual se basa en la obtención de funciones de utilidad dependientes de los atributos que describen el proceso de decisión. La información necesaria para la estimación de estas funciones de utilidad se recopiló mediante la técnica de Preferencias Declaradas.

Los atributos considerados en los experimentos de Preferencias Declaradas fueron del tipo ambiental, asociados a un proyecto de transporte urbano. Las variables correspondieron a niveles de ruido y polución atmosférica. Se estudió el posible cambio en los pesos de estas variables dependiendo del nivel de información y antecedentes que posee el individuo relativo al proyecto en estudio y los atributos.

El método basado en funciones de utilidad para la estimación de pesos mostró ser una buena herramienta. Es un método bastante flexible, permitiendo recuperar formas funcionales no lineales de la utilidad, mediante una transformación Box-Cox de los atributos. Además, fue factible obtener intervalos de confianza para los pesos, algo no posible al usar la comparación por pares.

Los resultados muestran que en un proceso de toma de decisiones el nivel de información que poseen las personas sí afecta los pesos de los atributos ambientales. Puesto que los pesos basados en funciones de utilidad son sensibles tanto a la magnitud de los atributos, así como a la percepción del usuario, entonces fue factible detectar el papel del nivel de información en el monto de los pesos.

1. INTRODUCCION

El proceso de toma de decisiones en transporte ha estado fuertemente guiado por el Análisis Costo Beneficio. Si bien se han desarrollado metodologías para valorar aspectos que no poseen mercados reales, de forma tal de incorporar dichos valores dentro de la evaluación clásica, existen dudas respecto a la validez en el uso de valores económicos en el caso de impactos ambientales, por ejemplo. Como alternativa al uso del análisis costo beneficio han surgido las técnicas multicriterio, que buscan apoyar la toma de decisiones usando medidas no económicas como elemento de agregación de los atributos. Un aspecto importante en estas técnicas son los pesos que se asignan a los diferentes atributos y que permiten la agregación de los criterios. Estos pesos son equivalentes a los precios de mercado o sociales que se usan en la evaluación económica clásica.

En este trabajo se aborda la toma de decisiones desde un punto de vista multicriterio, con pesos no económicos obtenidos a partir de las preferencias declaradas por las personas y usando un enfoque basado en funciones de utilidad para su determinación. Dentro de los métodos multicriterio existentes, el estudio se centra en el Analytic Hierarchy Process (AHP). Además, se analiza el papel que tiene la información, tanto en calidad y cantidad, en el cálculo de la importancia relativa del ruido y la polución atmosférica para la población encuestada.

El artículo se ha estructurado de la siguiente forma: en el siguiente capítulo se presentan los aspectos teóricos del AHP, y se describe el método alternativo para la estimación del vector de pesos. En el tercer capítulo se describe el diseño y aplicación de los experimentos de preferencias declaradas, y los resultados asociados a la estimación del vector de pesos de los atributos en estudio. Finalmente, las principales conclusiones se presentan en el capítulo cuatro.

2. METODO JERARQUICO DE ANALISIS (AHP)

El Analytic Hierarchy Process (AHP) es un método multicriterio desarrollado por Saaty (Saaty, 1977; Saaty, 1998; Saaty, 2000), que consiste esencialmente en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos descomponiendo el problema de decisión en una estructura jerárquica de criterios, sub-criterios, atributos y alternativas, similar en su estructura a un árbol de probabilidades.

En la parte más alta de la jerarquía se ubica el criterio principal u objetivo, el que es descrito por un conjunto de criterios que se ubican en el segundo nivel de la jerarquía. Luego se localizan, en un tercer nivel, los sub-criterios o atributos que sirven para describir los criterios en el nivel anterior. Este proceso de descomposición se repite hasta que en un penúltimo nivel se localizan aquellos atributos que, en detalle, mejor describen aquellos elementos en el nivel previo. El último nivel contiene las alternativas bajo estudio.

Usualmente se definen dos estructuras jerárquicas, agrupando en cada una de ellas aquellos atributos que generan un cambio marginal de igual signo en la utilidad de las personas (Tudela, 1998).

Una vez que las estructuras jerárquicas han sido definidas se procede a la estimación de los pesos normalizados asociados a los sub-criterios y atributos que pertenecen a un mismo nido. Estos pesos reflejan la importancia relativa de los elementos constituyentes del nido. Para la determinación de estos pesos se realiza una serie de juicios de comparación por pares, que consisten en comparar la importancia relativa entre atributos o criterios, usando una escala de medición de preferencias. El resultado de este proceso es una matriz recíproca, a partir de la cual se derivan los pesos de los diferentes atributos.

Luego de estimados los pesos en los nidos, corresponde la reducción de la estructura jerárquica en un valor único para cada alternativa bajo análisis mediante un proceso similar a aquel utilizado al colapsar un árbol de probabilidades. El conjunto de pesos obtenidos después de la agregación se usa para ordenar las alternativas bajo estudio y apoyar la toma de decisión.

2.1. Críticas al método

Las críticas al AHP, relevantes dentro del contexto de este trabajo, corresponden al método de comparación por pares para obtener los pesos de las alternativas, y a la carencia de un estadígrafo que permita evaluar la certeza de los pesos derivados. En particular, el método ha sido criticado al suponer independencia entre las alternativas bajo estudio y los atributos o criterios que están siendo comparados (Weber, 1997).

2.2. Método Alternativo para el Cálculo del Vector de Pesos

El enfoque alternativo a la comparación por pares para la estimación de los pesos está basado en funciones de utilidad asociadas a los diferentes nidos de la estructura jerárquica. Este nuevo enfoque ha sido aplicado en forma experimental mostrando su factibilidad de uso (Tudela, 1998).

La derivación de los vectores de pesos para los niveles superiores de la jerarquía está basada en asociar una cierta utilidad a cada nido, utilidad que es función de los atributos o sub-criterios componentes de ese nido. El vector de pesos se deriva a partir de un cambio marginal en la utilidad, cambio que resulta igual a la suma ponderada de los cambios marginales en las variables (atributos o sub-criterios). Los ponderadores en esta suma corresponden a los pesos de los atributos o sub-criterios. Si la utilidad es lineal en las variables, x , entonces el peso ω asociado con el j -ésimo atributo está dado por:

$$\omega_j = \frac{\alpha_j \cdot x_j}{U} \quad (1)$$

donde U corresponde a la utilidad asociada al nido, mientras que α_j es la utilidad marginal asociada al j -ésimo atributo o sub-criterio en el nido. Los pesos derivados de esta forma resultan dependientes de la utilidad marginal y de la magnitud de las variables, introduciendo una alta flexibilidad en su cálculo, permitiendo detectar, por ejemplo, el efecto de la cantidad y calidad de la información en las decisiones. Es posible demostrar que esta expresión corresponde al caso particular de una forma funcional genérica, consistente en expresar la función de utilidad como una combinación lineal de las transformadas Box-Cox de las variables (Tudela, 1998).

La información para la estimación de las funciones de utilidad puede ser recolectada usando la técnica de Preferencias Declaradas (Ortúzar, 2000) al no existir situaciones reales de trade-off.

3. APLICACION

Para aplicar la metodología de cálculo de pesos descrita en el capítulo anterior se seleccionó un proyecto de inversión en transporte: Proyecto de Mejoramiento Eje O'Higgins-Manuel Rodríguez (Mideplan, 1997). La zona en estudio se ubica en la comuna de Chiguayante en la VIII Región, Chile.

En la comuna de Chiguayante actualmente existen dos vías principales: O'Higgins y Manuel Rodríguez. Ambas poseen una calzada con una pista por sentido. La primera vía comprende desde la entrada norte de la ciudad hasta un cruce a nivel con la línea férrea. La segunda vía comienza desde el otro lado del cruce con la línea férrea hasta la salida sur de Chiguayante.

Para este trabajo se seleccionaron dos de las alternativas consideradas durante la evaluación del proyecto de mejoramiento:

Alternativa 1: Aumento en la capacidad actual del eje O'Higgins a tres pistas por sentido, desnivel por sobre la línea férrea y doble calzada para el eje Manuel Rodríguez.

Alternativa 2: Repavimentación del eje O'Higgins, doble calzada para el eje Manuel Rodríguez y su prolongación, la cual se une directamente por detrás de la actual estación de ferrocarriles, evitando así el actual cruce a nivel.

3.1. Definición de la Estructura Jerárquica

La estructura jerárquica utilizada como referencia corresponde a aquella que identifica los costos del proyecto, y que fue definida por Asenjo (2001). En esta jerarquía se encuentran los atributos ambientales, que son los de interés en este caso:

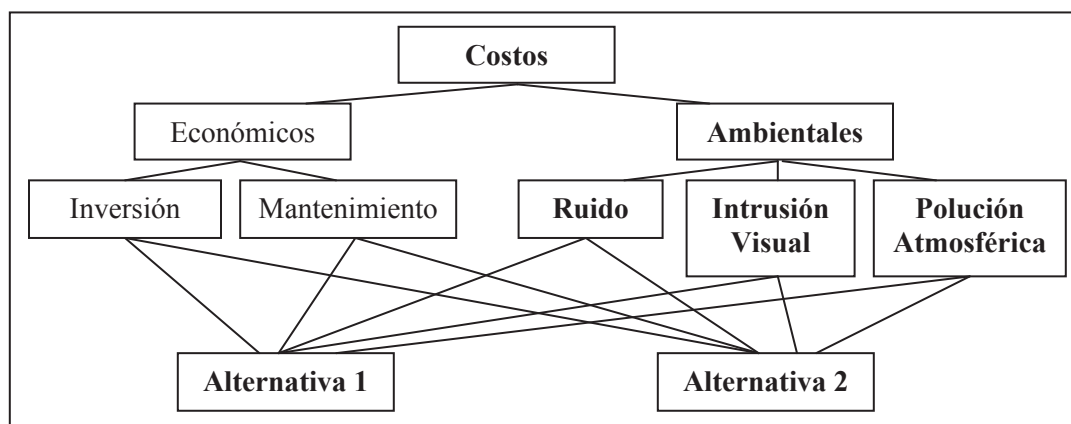


Figura 1: Jerarquía de Costos

Además de la jerarquía de costos, existe una jerarquía de beneficios del proyecto, la que no será abordada en este artículo, puesto que escapa a su ámbito; para más detalles ver Asenjo (2001), y Tudela y Cisternas (2003).

3.2. Diseño de Encuesta de Preferencias Declaradas

Para el diseño de las encuestas de Preferencias Declaradas (PD) se utilizó un experimento binario de elección para recolectar la información, considerando como atributos el ruido y la contaminación atmosférica, y tomando como referencia el contexto usual de viaje de los encuestados. Puesto que en este trabajo se consideraron dos alternativas para efecto del mejoramiento del eje, antes de aplicar los experimentos se pidió a los encuestados que seleccionaran la alternativa de solución que les resultaba más familiar y conveniente a ellos, haciendo referencia a esa solución en la aplicación de la encuesta de PD. Esto implicó la realización de varios diseños experimentales.

Los niveles de ruido de referencia se determinaron aplicando las fórmulas de cálculo de ruido por tránsito en caminos, dadas por el Departamento de Transporte de Inglaterra (DOT, 1988), mientras que para estimar los contaminantes se utilizó la matriz de emisiones en función de la velocidad reportada en SECTRA (1997). No se discriminó por tipo de contaminante al realizar los experimentos, puesto que se estaba evaluando la contaminación total, resultando, además, difícil que los usuarios puedan o sepan identificar cada contaminante en el contexto del experimento. Para el cálculo de los niveles de referencia para el ruido y las emisiones se usó información de los flujos de tránsito en el área de interés, los que fueron obtenidos del estudio de ingeniería (Mideplan, 1997); más detalles respecto al diseño experimental se puede encontrar en Akiki (2002).

Para tener un número razonable de opciones de elección manteniendo el experimento simple, se definió 3 niveles para cada atributo, obteniendo 9 juegos para cada diseño de PD. El ruido se disminuyó en 5 dB para cada nivel, mientras que las emisiones se aumentaron en 0.5 T/h, respecto a los valores de referencia para el ruido y las emisiones antes calculados.

Para la provisión de la información, y para efecto de que el encuestado entendiera adecuadamente los valores indicados en los experimentos, se utilizó material de apoyo. En el caso del nivel de ruido se entregó antecedentes actualizados acerca de dichos niveles en lugares que eran familiares a los individuos, como lo son las calles ubicadas en el sector centro de la ciudad de Concepción (COMAV, 2000). Para los niveles de emisión se usó material gráfico que mostraba una nube de contaminantes en un sector urbano, cuya opacidad cambiaba proporcionalmente con el nivel de emisiones; se usó software gráfico para el diseño de este material. Claramente esta forma de presentar la contaminación hace referencia principalmente a la emisión de material particulado, pero como en este caso no se busca identificar la importancia de un contaminante en particular, se consideró razonable como una primera aproximación.

La encuesta de PD se aplicó en dos etapas a cada individuo, para estudiar cómo la magnitud de los pesos de los atributos depende de la calidad y cantidad de información que poseen los individuos acerca de los aspectos ambientales bajo consideración.

En la primera etapa sólo se proporcionó información cuantitativa acerca de los niveles esperados de flujo en el área de interés, definida por la alternativa de solución seleccionada antes de aplicar el experimento de PD. Esta información fue apoyada con el material descrito anteriormente, respecto a los niveles de ruido y emisiones. Esto permitió definir el contexto del experimento de preferencias.

En la segunda etapa de aplicación del experimento, a continuación inmediata de la primera, se le entregó al encuestado información cualitativa adicional respecto a los impactos de los atributos ambientales sobre la salud y el medio. Una vez entregada esta información se procedió a aplicar nuevamente el mismo experimento de Preferencias Declaradas.

Experiencias pilotos iniciales permitieron verificar la calidad del diseño, mostrando que el proveer información gráfica permitía mejorar la tasa de respuesta y la comprensión. Este pilotaje inicial se realizó a nivel grupal.

Durante el experimento piloto se observó interacción entre los encuestados, sugiriendo un cambio de la metodología de aplicación, pasando a una actividad de tipo individual. Además, se introdujeron cambios en la presentación verbal de los experimentos de elección, de manera que éstos fueran más claros para personas pertenecientes a sectores con menor nivel educacional.

Para verificar la validez de los cambios se realizó un nuevo proceso de pilotaje. Se observó un muy buen entendimiento de la encuesta por parte de los individuos y una disminución en el tiempo de aplicación de ésta (10 minutos, aproximadamente). Por otra parte, como era el encuestador quien anotaba las respuestas, el individuo no se veía influido a responder según sus respuestas anteriores.

En la aplicación definitiva del experimento se recolectó un total de 60 encuestas, con lo que se obtuvieron 540 pseudo individuos. La recolección de respuestas se realizó encuestando a gente que habitara dentro del área de estudio, seleccionando los hogares en forma aleatoria. El tiempo promedio de aplicación de la encuesta fue de 20 minutos.

En la tabla 1 se muestra la cantidad de respuestas consistentes reportadas tanto para el total de la muestra como para las distintas segmentaciones. El nivel de ingreso se refiere al ingreso familiar líquido mensual, el nivel de educación corresponde al tipo de educación del encuestado (básica, media, técnica superior, universitaria, etc., completa e incompleta). La información sobre el proyecto se refiere al nivel de información que tenían los encuestados sobre el proyecto de mejoramiento del eje, calificado con nota de 1 a 7 por los propios encuestados.

Tabla 1
Respuestas por Segmentos

Segmentación	Grupo	Respuestas
Total		504
Sexo	Mujeres	284
	Hombres	220
Edad	15 a 40	193
	Mayor a 40	311
Nivel de Educación	Hasta educación técnica incompleta	272
	Mayor a educación técnica incompleta	232
Ingreso (\$/mes)*	Menor o igual a 300.000	317
	Mayor a 300.000	187
Modo de Transporte	Automóvil	165
	Taxibus y otros	339
Información sobre el proyecto	Nota 1 a 4	273
	Nota 5 a 7	231

*: \$ de Diciembre, 2001

3.3. Estimación Funciones de Utilidad

Una vez aplicados los experimentos de Preferencias Declaradas correspondió la estimación de la función de utilidad por el método de máxima verosimilitud, modelando las respuestas con un modelo Logit binomial.

En una primera etapa se supuso una especificación lineal para la utilidad, utilizando software ad-hoc para estimar los coeficientes. En una segunda etapa se estimaron los modelos utilizando una especificación flexible que permitiera recuperar formas funcionales no lineales. Para esto se usó una transformación Box-Cox de los atributos, realizando la optimización con el módulo Solver en Excel.

Puesto que las estimaciones de los coeficientes están afectadas por un factor de escala asociado a las respuestas de los individuos, entonces es deseable comparar las razones entre las estimaciones obtenidas en las distintas muestras. Como los coeficientes están escalados por el mismo factor, la razón entre ellos permite cancelar dicho factor.

Al final del artículo se reportan los diferentes modelos estimados, para cada segmento y el total de la muestra. En aquellos casos en que el coeficiente resultó no significativo, la variable se eliminó de la función de utilidad, re-estimando el modelo.

En general se observa que la gran mayoría de las especificaciones son del tipo lineal, lo que en sí facilita el cálculo posterior de los pesos. Además, esta linealidad permite cuestionar el proceso de estimar funciones no lineales, que puede no entregar una solución única.

3.4. Cálculo del Vector de Pesos

La estimación de los pesos usando la ecuación 1 requiere conocer el valor de los coeficientes de las funciones de utilidad, reportados al final de este artículo, y la magnitud de los atributos. El valor de estos últimos se muestra en la tabla 2.

Tabla 2
Valor Promedio de los Atributos

Atributo	Valor Promedio
Ruido	76 dB
Polución Atmosférica	2 T/hr

La ecuación 1 es sólo válida en el caso de una función de utilidad lineal en los atributos. Para funciones más complejas es necesario recurrir a la expresión general del peso, que corresponde a:

$$\omega_j = \frac{x_j}{U} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_j} \bigg/ \sum_k \frac{x_k}{U} \cdot \frac{\partial U}{\partial x_k} \quad (2)$$

Dado que el cálculo de los pesos implica la combinación de los coeficientes de los atributos, y puesto éstos tienen asociado un cierto nivel de error, entonces su combinación también se verá afectada por un error. Para determinar este error combinado se utilizó la teoría de propagación de errores (Barlow, 1989).

Los resultados de la estimación de los pesos de los atributos en cuestión, para el total de la muestra y para aquellas segmentaciones significativas, se muestran en la tabla 3. Estos pesos normalizados deben ser interpretados como la importancia relativa que asignan las personas a los atributos. Si se están comparando dos atributos, y sus pesos son cercanos a 0.5, implicará que ambos atributos son igualmente importantes para los individuos. El peso de una variable cercano a la unidad implica que ese atributo es bastante más importante que el otro, mientras que un peso cercano a cero nos indica que esa variable no es relevante para la decisión a la cual fue sometido el encuestado.

Los valores entre paréntesis corresponden al test t. Se observa que para todas las segmentaciones el valor de los pesos es estadísticamente significativo (95%). Para el caso de los pesos que son cero no fue posible el cálculo de sus errores.

Para el grupo hombres, nivel de ingreso alto (de 4 a 8), modo de transporte y nivel alto de información sobre el proyecto (nota 5 a 7), se observa una baja o nula variación en los pesos para las distintas etapas. En lo que respecta a los niveles altos de ingreso e información del proyecto, estos resultados eran esperables ya que estos grupos de personas posee un mayor nivel de información. Para el caso del modo de transporte, estos resultados indicarían que esta segmentación no es indicadora de ninguna característica particular del nivel de información de las personas.

Para el resto de los grupos se observa un considerable cambio en el valor de los pesos para las distintas etapas. En general, aquellos grupos de menor edad, con menor nivel de ingresos y menor

nivel de información, presentan los mayores cambios en los pesos de los atributos producto de la provisión de información.

Tabla 3
Peso de los Atributos, por Segmento y Total

Segmentación	Grupo	Pesos Ruido		Pesos Emisiones	
		Etapa I	Etapa II	Etapa I	Etapa II
Total		0,000	0,567 (2.92)	1,000 (7.56)	0,433 (7.65)
Sexo	Mujeres	0,655 (3.85)	0,555 (2.64)	0,345 (6.34)	0,445 (6.55)
	Hombres	0,707 (2.61)	0,705 (2.69)	0,293 (3.98)	0,295 (4.12)
Edad	15 a 40	0,000	0,573 (2.32)	1,000 (5.48)	0,427 (5.55)
	Mayor a 41	0,589 (2.01)	0,640 (2.97)	0,411 (5.34)	0,360 (4.25)
Nivel de educación	Hasta educación técnica incompleta	0,601 (2.42)	0,673 (3.70)	0,399 (5.28)	0,327 (5.97)
	Mayor a educación técnica incompleta	0,000	0,740 (4.18)	1,000 (5.75)	0,260 (5.27)
Ingreso (\$/mes)*	Menor o igual a 300.000	0,634 (2.92)	0,941 (3.14)	0,366 (5.66)	0,059 (3.76)
	Mayor a 300.000	0,000	0,000 (2.10)	1,000 (6.5)	1,000 (2.64)
Modo de Transporte	Automóvil	0,648 (2.98)	0,645 (3.09)	0,352 (4.95)	0,355 (5.03)
	Taxibus y otros	0,000	0,000	1,000 (6.03)	1,000 (6.86)
Información sobre el Proyecto	Nota 1 a 4	0,694 (3.68)	0,612 (2.93)	0,306 (5.59)	0,388 (6.31)
	Nota 5 a 7	0,638 (2.61)	0,613 (2.32)	0,362 (5.00)	0,387 (4.80)

*: \$ de Diciembre, 2001

En cuanto a los resultados obtenidos dentro de los grupos pertenecientes a una misma segmentación, se observa diferencia en el valor de los pesos en todos los casos. Esto indica las diferencias en la importancia que le dan a los atributos los distintos grupos dentro de una segmentación. Para el caso de las segmentaciones por edad, nivel de educación e ingreso, era de esperar un peso distinto asignado a los atributos debido al desigual nivel de información que poseen estos grupos.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se aplicó una metodología alternativa a la comparación por pares para calcular los pesos de los atributos ruido y emisión de contaminantes en un contexto de análisis multicriterio para apoyar la toma de decisiones en transporte. La metodología alternativa se basa en funciones

de utilidad y permitió estudiar la influencia del nivel de información que poseen los individuos acerca de los impactos antes señalados. Se analizaron dos niveles de información.

El uso de la técnica de Preferencias Declaradas para obtener la información para la estimación de las funciones de utilidad, a partir de las cuales se estimaron los pesos, mostró ser una buena herramienta. El método propuesto demostró ser lo suficientemente flexible al permitir recuperar formas funcionales no lineales, aplicando una transformación Box-Cox de los atributos. El procedimiento basado en funciones de utilidad permitió reconocer explícitamente, en contraste a la comparación por pares, que la importancia que una persona asigna a un atributo depende de la magnitud del atributo y de su experiencia (percepción) respecto a ese atributo. Además, se logró conocer la certeza de los resultados obtenidos al obtener intervalos de confianza estadística producto del uso del enfoque de utilidad para el cálculo de los pesos.

Una de las ventajas de las encuestas de Preferencias Declaradas fue el ahorro de tiempo y otros costos en su aplicación debido a que un individuo proporciona más de una observación dentro del mismo contexto de elección, lo que permite trabajar con muestras más pequeñas que en el método original (encuestas de comparación por pares) para obtener resultados confiables.

De los resultados obtenidos se observa que la entrega de información provoca cambios en las respuestas de los encuestados. Al otorgar mayor información sobre los impactos ambientales de cada alternativa, las personas revalorizan sus preferencias a favor del impacto que resulta menos dañino.

Respecto al AHP es necesario indicar que el método permite incorporar dentro del análisis, además de los aspectos ambientales, variables del tipo económico y social. En particular, el método permite tomar considerar diferentes agentes, facilitando la participación pública explícita en la toma de decisiones. La aplicación de la técnica de PD, en conjunto con el AHP, requiere desarrollar un trabajo de campo extensivo, identificando a los diferentes agentes, determinando sus pesos aisladamente, para proceder más tarde a su agregación.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta investigación fue posible gracias al financiamiento de FONDECYT, a través del proyecto 1000399. Se agradece a SECTRA el aporte de información relativa al proyecto de Mejoramiento del Eje O'Higgins de Chiguayante.

REFERENCIAS

Akiki, N. (2002) **Análisis y cálculo de los pesos a usar en la AHP usando un enfoque de funciones de utilidad**. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción. Concepción.

Asenjo, R. (2001) **Análisis del Papel de la Información en la Evaluación de Proyectos Utilizando Técnicas Multicriterio**. Memoria de Título, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Concepción. Concepción.

Barlow, R. (1989) **Statistics: a Guide to the Use of Statistical Methods in the Physical Sciences**. Wiley. Chichester.

COMAV (2000) **Informe final Modelo de Evaluación y Predicción del Impacto Acústico en el Sector Céntrico de la Ciudad de Concepción debido al Flujo Vehicular**. I. Municipalidad de Concepción, Concepción. Realizado por COMAV Ltda.

DOT (1988) **Calculation of Road Traffic Noise**. Department of Transport. HMSO. Londres.

Mideplan (1997) **Informe final Estudio Mejoramiento Eje O'Higgins de Chiguayante**. Santiago. Realizado por Testing Ltda.

Ortúzar, J. (2000) Fundamentals of Stated Preference. En J. de D. Ortúzar (editor). **Stated Preference Modelling Techniques**. PTRC Publications. Londres.

Saaty, T. L. (1977) A scaling method for priorities in Hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, 15. 234-281.

Saaty, T. L. (1998) Método Analítico Jerárquico (AHP): Principios Básicos. En E. Martínez y M. Escudey (eds.). **Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias**. Ediciones Universidad de Santiago. Santiago.

Saaty, T. L. (2000) **Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World**. AHP Series Vol. 2. RWS Publications. Pittsburgh.

SECTRA (1997) **Manual para la Evaluación Social de Proyectos**. Ministerio de Planificación y Cooperación. República de Chile. Santiago.

Tudela, A. (1998) Un enfoque multi criterio para evaluar el nivel de sustentabilidad de inversiones en transporte. **Actas Décimo Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte**. Septiembre. Santander.

Tudela, A. y Cisternas R. (2003) Estudio comparativo del análisis costo beneficio y una técnica multicriterio aplicado a un proyecto de transporte. **Actas del Décimo Primer Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte**. Octubre. Santiago.

Weber, M. (1997) Remarks on the measurement of preferences in the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Multi criteria Decision Analysis** 6. 320-321.

ANEXO

Tabla 4
Resultado de las Estimaciones

Segmentación	1.1. Grupo	N	Etapa 1: sin información cualitativa						Etapa 2: con información cualitativa							
			Ruido	test	Emisión	test	LL(0)	LL(k)	LL*	Ruido	test	Emisión	test	LL(0)	LL(k)	LL*
Total		504	-	-	-1.2210	-7.5	-349	-330	-297	-0.0667	-2.7	-1.9370	-7.7	-349	-335	-298
Sexo	Mujeres	284	-0.1001	-3.9	-2.0050	-6.7	-197	-177	-153	-0.0859	-2.5	-2.6140	-7.0	-197	-186	-153
	Hombres	220	-0.0670	-2.6	-1.0560	-4.0	-152	-150	-142	-0.0691	-2.7	-1.1020	-4.2	-152	-149	-141
Edad	15 a 40	193	-	-	-2.1400	-5.9	-134	-132	-110	-0.0859	-2.1	-2.4320	-5.7	-134	-132	-111
	Mayor a 41	311	-0.0516	-2.3	-1.3710	-5.6	-216	-195	-182	-5.2800	-3.4	-1.4850	-6.1	-216	-201	-184
Nivel de educación	Hasta educación técnica incompleta	272	-0.0595	-2.4	-1.5000	-5.5	-189	-169	-156	-0.0940	-3.8	-1.7370	-6.2	-189	-175	-156
	Mayor a educación técnica incompleta	232	-	-	-1.7090	-5.7	-161	-158	-139	-0.1128	-4.2	-1.5040	-5.4	-161	-158	-143
Ingreso (\$/mes) ⁶	Menor o igual a 300.000	317	-0.0657	-2.9	-1.4390	-5.9	-220	-203	-187	-5.4740	-4.4	-0.0216	-6.9	-220	-212	-181
	Mayor a 300.000	187	-	-	-1.8130	-5.4	-130	-126	-108	-0.0802	-2.8	-1.4200	-4.6	-130	-124	-113
Modo de Transporte	Automóvil	165	-0.1046	-3.0	-2.1560	-5.3	-114	-100	-85	-0.1121	-3.2	-2.3400	-5.4	-114	-96	-81
	Taxibus y otros	339	-	-	-1.1280	-5.7	-235	-227	-211	-	-	-1.6110	-6.4	-235	-232	-208
Información sobre el Proyecto	Nota 1 a 4	273	-0.0904	-3.7	-1.5150	-5.7	-189	-181	-164	-0.0922	-2.8	-2.2230	-6.4	-189	-187	-160
	Nota 5 a 7	231	-0.0691	-2.6	-1.4910	-5.2	-160	-148	-135	-0.0613	-2.3	-1.4720	-5.1	-160	-145	-134

&: \$ de Diciembre, 2001

N es el tamaño de la muestra en cada caso. LL(0), LL(k) y LL* corresponden al logaritmo de la verosimilitud para el modelo sólo con cero, con sólo constantes y en el óptimo.

Notas:

- 1 Todas las estimaciones son lineales en los atributos, salvo se indique lo contrario
- 2 En la etapa 2, para el segmento Edad mayor a 41 años, el ruido está modelado como logaritmo
- 3 En la etapa 2, para el segmento Ingreso menor o igual a 300 mil pesos, el ruido está modelado como logaritmo, y la emisión como potencia, con un exponente de 4.0.
- 4 En la etapa 2, para el segmento Ingreso mayor que 300 mil pesos, el ruido está modelado como potencia, con un exponente de 3.3, y la emisión como logaritmo.